

Белорусский национальный технический университет

Приборостроительный факультет

Кафедра «Стандартизация, метрология и информационные системы»

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой

_____ П. С. Серенков

_____ 2016 г.

СОГЛАСОВАНО

Декан факультета

_____ А.М. Маляревич

_____ 2016 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

«Контроль и испытания продукция»

**для направления специальности 1-54 01 01-01 «Метрология, стандартизация
и сертификация (машиностроение и приборостроение)»**

Составитель: Савкова Евгения Николаевна

Рассмотрено и утверждено

На заседании совета приборостроительного факультета 27.06.2016 г.
протокол № 10

Перечень материалов

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) по дисциплине «Контроль и испытания продукции» (The control and tests of products) содержит материалы для теоретического изучения учебной дисциплины, представленные учебным пособием «Контроль и испытания продукции», рекомендации по курсовому проектированию, представленные в учебно-методическом пособии «Контроль и испытания продукции». Курсовое проектирование», контрольные вопросы к экзамену и самостоятельной подготовке по учебной дисциплине, учебную программу учебной дисциплины и перечень основной и дополнительной литературы.

Пояснительная записка

Целью ЭУМК по дисциплине «Контроль и испытание продукции» разработана для направления специальности 1-54 01 01-01 «Метрология, стандартизация и сертификация (машиностроение и приборостроение)» высших учебных заведений является формирование комплекса знаний в области оценки и мониторинга состояния объектов на всех стадиях их жизненного цикла. Комплекс предусматривает изучение вопросов в отношении организационного, нормативно-методического и метрологического обеспечения качества и конкурентоспособности отечественной продукции, овладение научно-методическими, организационными основами деятельности. Дисциплина является составной частью специальной подготовки инженеров в области метрологии, стандартизации и сертификации. Изучение дисциплины взаимосвязано с изучением следующих дисциплин:

- «Техническое нормирование и стандартизация»;
- «Теоретическая метрология»;
- «Законодательная и прикладная метрология»;
- «Статистические методы»;
- «Проектирование технических нормативных правовых актов»;
- «Сертификация продукции и систем качества»;

В результате освоения дисциплины «Контроль и испытания продукции» студент должен:

знать:

- цели и задачи проведения контроля качества, испытаний продукции на всех этапах ее жизненного цикла;
- классификацию испытательного оборудования и порядок его аттестации;
- классификацию методов контроля и физические принципы, на которых базируется использование этих методов;
- практику проведения контроля и испытаний продукции и производственных процессов;
- виды испытаний;

уметь:

- разрабатывать программы и методики контроля качества и испытаний продукции;
- оформлять результаты испытаний и принимать на их основе решения;
- использовать вычислительную технику для автоматизированной обработки и анализа результатов контроля качества и испытаний продукции.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Материалы для теоретического изучения учебной дисциплины «Контроль и испытание продукции» представлены учебным пособием, приведенным ниже.

Поскольку продукция является не только важным стратегическим показателем благосостояния государства, но и становится источником потенциальной опасности для человека и окружающей среды. В условиях непрекращающейся глобализации мирового рынка растет необходимость взаимного признания результатов оценки соответствия продукции и услуг (в том числе результатов измерений, контроля и испытаний). Целевая направленность комплекса — системное обеспечение заданного уровня доверия к результатам контроля и испытаний продукции.

Измерения, контроль и испытания тесно взаимосвязаны: измерения могут являться частью контроля и испытаний, технического диагностирования, осуществляющихся на различных стадиях жизненного цикла продукции и являться составными частями друг друга. Так, например, входной и операционный контроль могут включать испытания, а методика испытаний может предполагать органолептический, инструментальный и регистрационный виды контроля. При выполнении измерений из всех воздействий, которые могут оказываться на объект, являются воздействия по поддержанию условий измерения, например, ограничение внешних факторов, поддержание температурно-влажностного режима и т.п.

Важнейшей задачей является повышение надежности и достоверности результатов измерений, контроля и испытаний, что достигается посредством обеспечения условий единства измерений, прослеживаемости результатов и образцов испытаний и управлением рисками ошибок первого и второго рода при контроле. Термин «испытание» обычно ассоциируется с проведением экспериментального исследования, из которого компетентный человек может сделать вывод о том, соответствует ли продукция или услуга

требованиям, определенным контролирующими органами или покупателями. Типичные испытания включают определение размеров, химического состава, микробиологическую чистоту, а также прочность или другие физические характеристики материала или структуры. Проведение испытаний также включает определение электрической безопасности, отсутствие физического брака, такого как трещины, или других дефектов, которые могут послужить причиной несоответствия требованиям.

Таким образом, измерения, контроль, испытания, техническое диагностирование являются способами оценивания качества продукции и обеспечения доверия к нему у потребителя.

Учебное пособие состоит из пяти основных разделов. В первом разделе «Основные положения в области контроля качества и испытаний продукции» приводятся подходы к классификации видов продукции и ее несоответствиям, а также рассмотрены понятия «измерения», «контроль» и «испытания» с позиций комплексного подхода, выявлены их взаимосвязи и отличия в части целей, результатов, субъектов, объектов и применяемых средств. Во втором разделе рассмотрены виды и методы контроля по различным классификационным признакам. Третий раздел посвящен вопросам организации технического контроля на предприятиях и обеспечению доверия к его результатам. Четвертый раздел «Виды и методы испытаний продукции» содержит описание категорий испытаний по классификационным признакам. В пятом разделе рассмотрены вопросы организации, планирования и документационного обеспечения испытаний, а также аспекты оценивания точности их результатов и проверки квалификации лабораторий.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1	ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ В ОБЛАСТИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА И ИСПЫТАНИЙ ПРОДУКЦИИ	
1.1	Продукция и ее возможные несоответствия	
1.1.1	Понятие и категории продукции	
1.1.2	Понятия, относящиеся к соответствию и несоответствиям продукции	
1.2	Сущность измерений, испытаний, контроля и диагностики продукции, их взаимосвязь	
1.2.1	Измерения	
1.2.2	Испытания	
1.2.3	Контроль	
1.2.4	Техническая диагностика как разновидность контроля	
1.2.5	Взаимосвязь понятий «измерение», «испытание» и «контроль»	
2	ВИДЫ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ПРОДУКЦИИ	
2.1	Систематизация видов контроля по основным признакам	
2.2	Виды контроля по стадиям создания и существования продукции и этапам процесса производства	
2.2.1	Производственный контроль	
2.2.1.1	Входной контроль	
2.2.1.2	Операционный контроль	
2.2.1.3	Приемочный контроль	
2.2.1.4	Контроль готовой продукции	
2.2.1.5	Эксплуатационный контроль	
2.2.1.6	Контроль утилизации	
2.2.2	Контролепригодность технических объектов и ее обеспечение	
2.3	Виды контроля по полноте охвата единиц продукции	
2.3.1	Сплошной контроль	
2.3.2	Выборочный контроль и его виды	
2.3.3	Основные методы выборочного контроля	
2.3.4	Методы формирования партий и выборок продукции	
2.4	Виды контроля по влиянию на объект контроля	
2.4.1	Сущность разрушающих и неразрушающих методов контроля	

2.4.2	Основные требования к квалификации персонала, осуществляющего неразрушающий контроль	
2.4.3	Виды дефектов в структуре материалов	
2.4.3.1	Дефекты металлоизделий	
2.4.3.2	Дефекты в полупроводниках	
2.4.3.3	Дефекты полимерных материалов	
2.4.4	Оптические методы контроля	
2.4.5	Тепловые методы неразрушающего контроля	
2.4.6	Капиллярный метод неразрушающего контроля	
2.4.7	Методы контроля течеисканием	
2.4.8	Электрические методы контроля	
2.4.9	Магнитные методы неразрушающего контроля	
2.4.10	Токовихревые методы контроля	
2.4.11	Акустические (ультразвуковые) методы контроля	
2.4.12	Радиационные методы контроля	
3	ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ	
3.1	Отдел технического контроля (ОТК) и его взаимоотношения с внутренними и внешними службами	
3.1.1	Типовая структура и функции ОТК	
3.1.2	Взаимодействие отдела технического контроля с другими подразделениями предприятия	
3.2	Органы государственного надзора. Порядок проведения надзора, оформление результатов	
3.3	Обеспечение доверия к результатам контроля	
4	ВИДЫ И МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ ПРОДУКЦИИ	
4.1	Систематизация видов испытаний по основным признакам	
4.2	Категории испытаний по назначению	
4.3	Категории испытаний по уровню проведения	
4.4	Категории испытаний по видам воздействия внешних факторов	
4.4.1	Классификация внешних воздействующих факторов	
4.4.2	Испытания на воздействие механических ВВФ	
4.4.3	Климатические испытания	
4.4.4	Комплексные испытания	
4.5	Категории испытаний по этапам разработки продукции	

4.6	Категории испытаний готовой продукции	
4.7	Категории испытаний по условиям и месту проведения	
4.8	Категории испытаний по продолжительности	
4.9	Категории испытаний по результату воздействия	
4.10	Категории испытаний по определяемым характеристикам объекта	
5	ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ	
5.1	Процесс планирования испытаний	
5.1.1	Составление годовых и квартальных планов проведения испытаний	
5.1.2	Разработка программы и методики испытаний	
5.1.3	Подготовка средств испытаний. Требования к испытательному оборудованию	
5.1.4	Метрологическое подтверждение пригодности испытательного оборудования	
5.1.5	Особенности метрологического подтверждения пригодности некоторых средств испытаний	
5.2	Проведение испытаний	
5.2.1	Отбор образцов для испытаний	
5.2.2	Протокол испытаний	
5.3	Требования к компетентности испытательных лабораторий	
5.3.1	Область применения и основные положения СТБ ИСО/МЭК 17025	
5.3.2	Технические требования к персоналу	
5.3.3	Производственные условия и условия окружающей среды	
5.3.4	Методы испытаний и их валидация	
5.4	Обеспечение доверия к результатам испытаний	
5.4.1	Основные подходы к оцениванию точности результатов и методов измерений (испытаний)	
5.4.2	Проверка лаборатории на качество проведения испытаний	

1 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ В ОБЛАСТИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА И ИСПЫТАНИЙ ПРОДУКЦИИ

1.1 Продукция и ее возможные несоответствия

1.1.1 Понятие и категории продукции

Результаты труда могут быть овеществленными (сырье, материалы, пищевые, химические и другие продукты, технические устройства, их части и т.д.) и неовеществленными (энергия, информация, некоторые виды услуг и т.д.). В настоящее время действуют три определения продукции.

Согласно ГОСТ 15467 *продукция* – овеществленный результат народнохозяйственной деятельности, предназначенной для удовлетворения определенных потребностей.

Согласно СТБ 1218 *продукция* – результат деятельности или процессов.

В соответствии с СТБ ИСО 9000 *продукция* – результат процесса организации, который может быть произведен без каких-либо транзакций между организацией и потребителем

В ГОСТ 15467 продукция рассматривается как материализованный результат процесса трудовой деятельности, обладающий полезными свойствами, полученный в определенном месте за определенный интервал времени и предназначенный для использования потребителями в целях удовлетворения их потребностей как общественного, так и личного характера. Термины ГОСТ 15467 относятся только к овеществленным результатам труда. Продукция может быть готовой или находящейся в незавершенном производстве (в процессах изготовления, добычи, выращивания) в процессе ремонта и т.д.

В соответствии с ГОСТ Р 50779.11 *единицей продукции* называется то, что может быть рассмотрено и описано индивидуально. Единицы продукции служат не только для исчисления ее количества. Деление продукции на определенные единицы имеет существенное значение при управлении качеством продукции, в частности, при оценке ее качества, при контроле

каждой единицы (сплошной контроль) либо некоторых единиц (выборочный контроль).

Согласно СТБ 1218 **образец продукции**– единица конкретной продукции, используемая в качестве представителя этой продукции при исследовании, контроле или оценке.

К нештучной продукции относятся такие результаты труда, количество которых определяется непрерывной величиной массы, длины поверхности, объема, например, тонна муки, метр провода, квадратный метр ткани, кубический метр газа и т.д. В зависимости от условий производства и поставки штучной и нештучной продукции часто используют такие условные единицы исчисления как партия изделий или материала, плавка металла, определенная емкость (контейнер, цистерна, бочка, мешок) жидкого или сыпучего вещества и т.д. СТБ 1218 описывает следующие виды продукции (рис. 1.1).

Товары народного потребления– продукция, предназначенная для продажи населению с целью непосредственного использования ее для удовлетворения материальных и культурных потребностей.

Научно-техническая продукция– продукция, содержащая новые знания или решения, зафиксированная на любом информационном носителе, а также модели, макеты, образцы новых изделий, материалов и веществ.

Серийная продукция– продукция, изготавливаемая по одной и той же технической документации и выпускаемая в виде последовательного ряда единиц (партий) по нормативному документу, утвержденному в установленном порядке.

Единичная продукция– отдельное изделие или партия продукции установленного объема, изготовленные по единой документации и не предусмотренные к повторному изготовлению.

Продукция основного производства– продукция, предназначенная для поставки или непосредственной продажи стороннему потребителю.

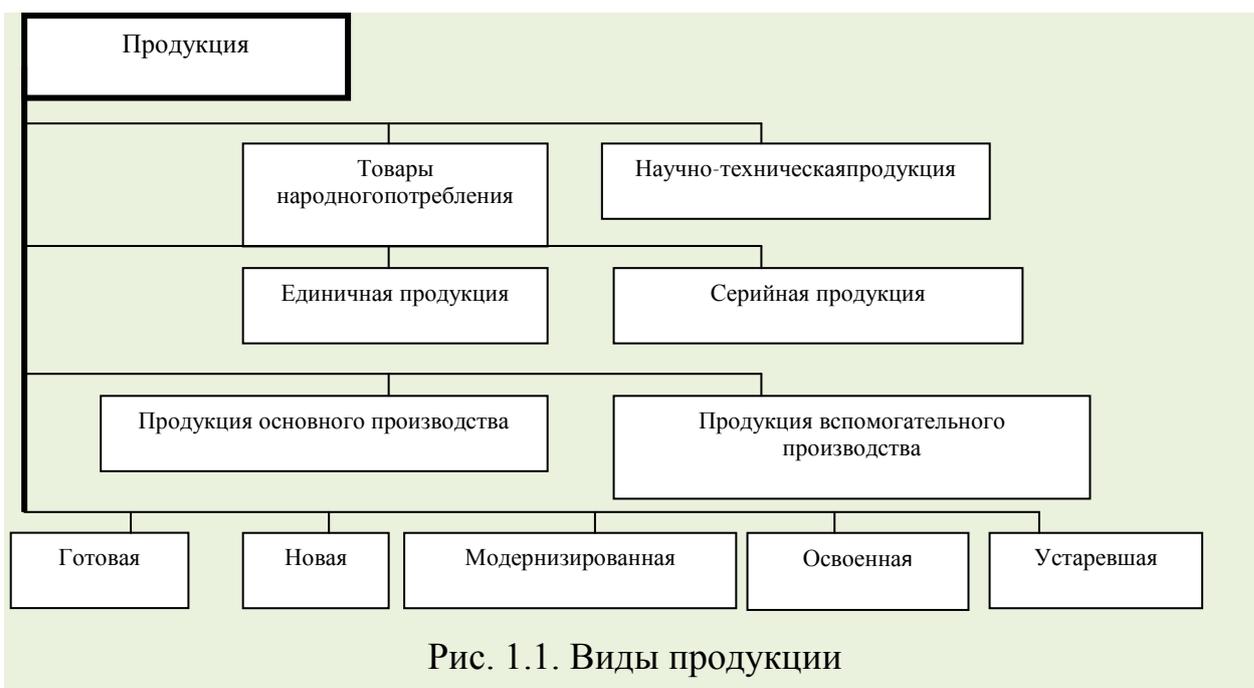


Рис. 1.1. Виды продукции

Продукция вспомогательного производства – продукция, предназначенная только для собственных нужд изготовителя.

Готовая продукция – изготовленная продукция, признанная пригодной к поставкам и (или) использованию.

Новая продукция – продукция, изготовленная впервые в стране (на предприятии) или отличающаяся от выпускаемой улучшенными свойствами или характеристиками и получающая новое обозначение.

Модернизированная продукция – продукция с новыми или улучшенными качественными характеристиками, полученными в результате модернизации выпускаемой продукции.

Освоенная продукция – продукция установившегося промышленного производства, выпускаемая в заданном объеме по нормативному документу, утвержденному в установленном порядке.

Устаревшая продукция – продукция, показатели качества которой не отвечают современным требованиям и неконкурентоспособная на рынке. Согласно ГОСТ 15467 изделие является единицей промышленной продукции, количество которой может исчисляться в штуках или экземплярах. **Изделие** – это единица промышленной продукции, которая представляет собой предмет или набор предметов. Следовательно, изделие

является частным случаем единицы промышленной продукции. Количество изделий может быть охарактеризовано дискретной величиной, исчисляемой в штуках или экземплярах. Однако, в некоторых случаях количество определенных изделий (например, крепежных деталей, конфет и др.) характеризуют непрерывной величиной, применяемой для поштучной продукции и исчисляемой, в частности, с помощью единиц массы. К изделиям не относится вся непромышленная продукция, включая штучную (плоды, овощи, туши животных, невыделанные шкурки зверей и т.п.), а также промышленная поштучная продукция. Определение термина «изделие», установленное ГОСТ 15467 и применяемое в данном стандарте, распространяется на любые изделия, в том числе являющиеся объектами конструкторской документации, а также кондитерские, хлебопекарные, швейные трикотажные, табачные и другие подобные изделия, которые, как правило, не охватываются конструкторской документацией. Согласно ГОСТ 2.101 видами изделий, представляющими объекты конструкторской документации, являются детали, сборочные единицы, комплексы и комплекты.

Деталь— это изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций (например, болт, втулка).

Сборочная единица – изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями (сборкой, свинчиванием, клепкой, склеиванием, сшивкой и т.п.). Например, автомобиль, станок, компьютер, шариковая ручка.

Комплекс – два или более специализированных изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций. Например, оборудование цеха, комплекс управления полетом самолета и др., т.е. изделия, соединение которых производят на месте применения.

Комплект— два или более изделий, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющие набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера. Например, комплект запасных частей и инструмента к автомобилю. Комплект измерительной аппаратуры.

Детали являются не специфицированными изделиями, т.е. изделиями, не имеющими составных частей. Сборочные единицы, комплексы и комплекты являются специфицированными изделиями, т.е. состоящими из двух и более частей. Состав этих изделий определяется конструкторским документом, называемым спецификацией. В ГОСТ 15467 приводится классификация промышленной продукции по характеру реализации ее свойств при эксплуатации (использовании), представленная на рис. 1.2.

Продукция первого класса расходуется по назначению в процессе использования. При этом, как правило, происходит необратимый процесс переработки (сырья, материалов, полуфабрикатов) сжиганием (топлива), усвоением живыми организмами (пищевые продукты, удобрения) и др., а в отдельных случаях может быть частично обратимый процесс (например, при рекуперации и регенерации растворителей и т.п.). При использовании продукции второго класса происходит расход ее ресурса. При этом продукция используется до технического или морального износа.

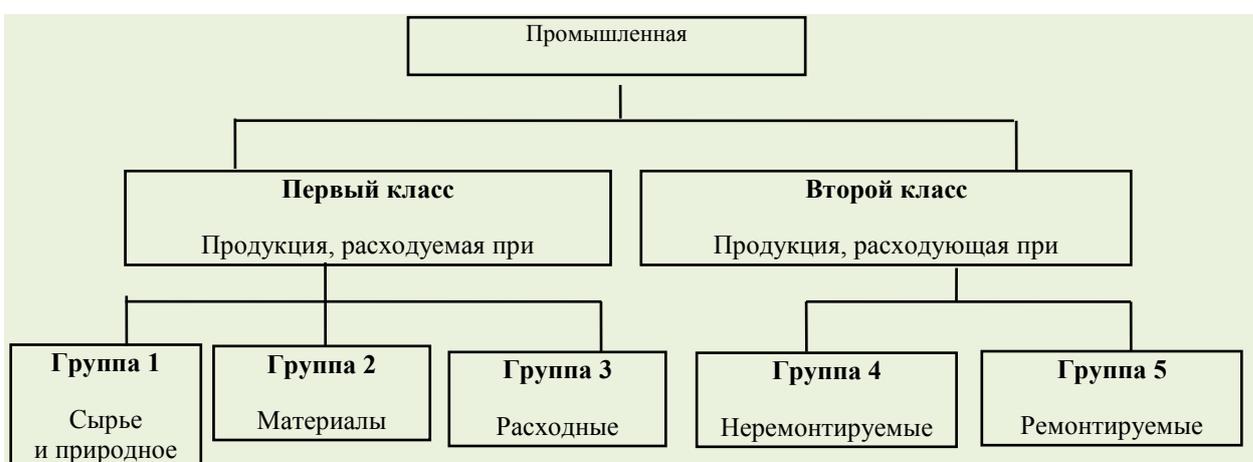


Рис. 1.2. Классификация промышленной продукции

К группе 1 относятся сырье и природное топливо, например, нефть, газ, полезные ископаемые, уголь, соль каменная, естественные строительные материалы и декоративные материалы, драгоценные минералы и т.п.

К группе 2 относятся материалы и продукты, например, бензины, масла моторные, трансформаторные, трансмиссионные, смазки, прокат, проволока, химические продукты, строительные материалы, кино- и фотоматериалы, медицинские препараты, моющие средства и пищевые продукты, не входящие в группу 3 и т.п.

К группе 3 относятся расходные изделия, например, жидкое топливо в бочках, газы в баллонах, нити, провода и кабели в катушках и бобиных, аптекарские и парфюмерно-косметические товары в промышленной упаковке, консервы в банках, кондитерские изделия, пищевые продукты в упаковках и т.п. *Расходное изделие* – это единица промышленной продукции, количество которой исчисляется при помощи непрерывных величин (килограммов, метров и т.п.), но она выпускается в специальной промышленной упаковке. Каждая упаковка (коробка, бутылка, канистра, катушка и т.п.) представляет собой расходное изделие. Примеры расходных изделий – кофе молотый в коробках, напитки в бутылках, бензин в канистрах, проволока в катушках и т.д.

К группе 4 относятся неремонтируемые изделия, например, подшипники, оси, шестерни, электровакуумные и полупроводниковые приборы, гайки, болты, кирпичи и т.п.

К группе 5 относятся ремонтируемые изделия, например, технологическое оборудование, сельскохозяйственные машины, транспортные машины, средства радиоэлектронной техники, медицинские и бытовые приборы и т.п.

По области применения продукция делится на продукцию производственно-технического назначения, товары народного потребления и продукцию социального назначения. Продукция производственно-технического назначения (станки, машины, сырье, материалы) поступает

в производственное потребление, а товары народного потребления (одежда, продукты питания) – в индивидуальное, личное потребление. К продукции социального назначения относится продукция, предназначенная для удовлетворения потребностей населения в сфере услуг на транспорте, в системе связи, области культуры, здравоохранения, спорта, туризма, образования.

Стандарт СТБ ИСО 9000 выделяет четыре общие категории продукции:

- 1) услуги;
- 2) программные средства;
- 3) технические средства (изделия);
- 4) перерабатываемые материалы.

Согласно ТКП 5.1.04 **услуга** – результат непосредственного взаимодействия исполнителя и потребителя, а также собственной деятельности исполнителя по удовлетворению потребностей потребителя. Услуга является результатом, по меньшей мере, одного действия, обязательно осуществленного при взаимодействии поставщика и потребителя, она, как правило, нематериальна. Предоставление услуги может включать следующие операции:

- деятельность, осуществленную на поставленной потребителем материальной продукции (например, автомобиль, нуждающийся в ремонте);
- деятельность, осуществленную на поставленной потребителем нематериальной продукции (например, заявление о доходах, необходимое для определения размера налога);
- предоставление нематериальной продукции (например, информации в смысле передачи знаний);
- создание благоприятных условий для потребителей (например, в гостиницах и ресторанах).

Кроме того, ТКП 5.1.04 устанавливает определения терминов «работа» и «идентификация работ (услуг)».

Работа – процесс получения определенного результата, имеющего материальное выражение.

Идентификация работ (услуг) – процедура, обеспечивающая в сфере выполнения работ (оказания услуг) однозначное распознавание определенной работы или услуги среди подобных по отличительным признакам.

К программным средствам обычно относят:

- интеллектуальные продукты;
- программные продукты;
- научные продукты.

Программное средство содержит информацию и обычно является нематериальным, может также быть в форме подходов, операций или процедуры.

Интеллектуальный продукт – нематериальный результат труда, предназначенный для использования по назначению либо для обеспечения потребления, эксплуатации или производства продукции, а также для производства или использования по назначению других интеллектуальных продуктов.

Программный продукт – средства программного и (или) математического, алгоритмического обеспечения вычислительной техники.

Научный продукт – нематериальный результат научных исследований и (или) разработок.

Техническое средство, как правило, является материальным и его количество выражается исчисляемой характеристикой. Перерабатываемые материалы обычно являются материальными и их количество выражается непрерывной характеристикой. Технические средства и перерабатываемые материалы часто называются товарами. Третья и четвертая категории относятся к промышленной продукции по ГОСТ 15467.

Многие виды продукции содержат элементы, относящиеся к различным общим категориям продукции. Отнесение продукции к услугам,

программным средствам, аппаратным средствам или перерабатываемым материалам зависит от преобладающего элемента. Например, поставляемая продукция «автомобиль» состоит из аппаратных средств (например, шин), перерабатываемых материалов (например, горючее, охлаждающая жидкость), программных средств (например, программное управление двигателем, инструкция водителю) и услуги (разъяснения продавца относительно эксплуатации). Аппаратное средство, как правило, является материальным, и его количество выражается исчисляемой характеристикой. Программное средство содержит информацию и обычно является нематериальным, может также быть в форме подходов, операций или процедуры. Техническое средство, как правило, является материальным, и его количество выражается исчисляемой характеристикой. Перерабатываемые материалы обычно являются материальными, и их количество выражается непрерывной характеристикой. Технические средства и перерабатываемые материалы часто называются товарами. Обеспечение качества направлено главным образом на предполагаемую продукцию.

В контексте надежности согласно IEC 60300-2 продукция может быть *простой* (например, устройство, алгоритм программного обеспечения) или *сложной* (например, система транспортирования или интегрированная сеть, включающая аппаратные средства, программное обеспечение, человеческие ресурсы, средства технического обслуживания и техническую поддержку).

Документ ISO/IEC Guide 77-1 предоставляет рекомендации для комитетов по стандартизации, касающиеся описания продукции и ее свойств для создания удобных для машинной обработки библиотек, каталогов и справочных словарей продукции. Данное описание предоставляет подробную информацию о продукции и ее свойствах однозначным образом, обмен которой можно осуществлять через компьютер в форме, не зависимой от каких-либо программных средств, применяемых внутри компании. Руководство ISO/IEC 77 предназначено для содействия достижению цели по обеспечению возможности экономичного и своевременного обмена

технической информацией между бизнес-партнерами внутри компании и за ее пределами. Техническое решение осуществления этого процесса состоит в том, чтобы определить и представить все свойства продукта ясным, однозначным и согласованным на международном уровне способом так, чтобы не было никаких недоразумений во время обменных процессов. Руководство ISO/IEC 77 является общим, содержит рекомендации по описанию продукции и ее характеристик посредством использования ISO 13584 и EN 61360-1 для создания библиотек продукции, каталогов и справочных словарей, обрабатываемых компьютером. Использование EN 61360-1 облегчает обмен данными, описывающими электротехнические системы через определенную структуру для обмена информацией в электронном виде. IEC 61360-2 содержит информационную модель, использующую «специальный» язык моделирования. В этой модели определения и структура EN 61360-1 формализованы и представлены в практической компьютерной форме. Использование этой информационной модели позволяет обмениваться информацией о словаре между различными системами. Руководство ISO/IEC 77 предназначено для достижения цели эффективного и своевременного обеспечения потока технической информации между внутренними и внешними бизнес-партнерами, оказания помощи ответственным и членам технических комитетов ISO; менеджерам и техническим экспертам, ответственным за создание прикладных программ ISO 13584 в обрабатывающей отрасли промышленности.

В настоящее время для применения в системах автоматизированной обработки информации при прогнозировании и учете номенклатуры услуг, оказываемых различными юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями независимо от формы собственности и организационно-правовой формы в странах на межгосударственном пространстве действуют.

Общегосударственные классификаторы промышленной и сельскохозяйственной продукции, основанные на использовании

иерархического метода классификации. Длина кода – девять цифровых десятичных знаков. Структура кода представлена на рис. 1.3.

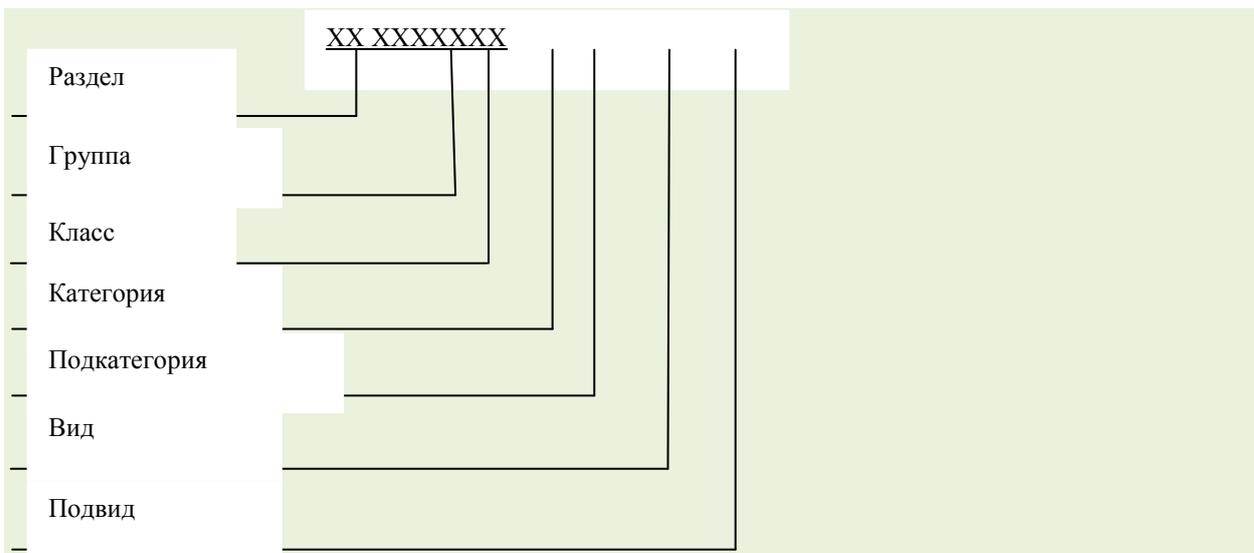


Рис. 1.3. Пример структуры кода Классификатора

Например, классификатор может содержать секции:

А– продукция сельского хозяйства, охоты и лесного хозяйства;

В– рыба;

С–(СА, СВ) – продукция горнодобывающей промышленности;

Д–(DA...DN)– продукция перерабатывающей промышленности;

Е– электроэнергия, газ, пар и горячая вода;

Г– услуги по оптовой и розничной торговле, услуги по ремонту автомобилей, мотоциклов, предметов личного пользования и бытовых товаров;

Н– услуги гостиниц и ресторанов;

І– услуги транспорта, складского хозяйства и связи;

Ј– услуги по финансовому посредничеству;

К– услуги, связанные с недвижимым имуществом, арендой и коммерческой деятельностью;

Љ– услуги в области гостиничного управления и обороны, предоставляемые обществу в целом, услуги по обязательному социальному обеспечению;

М– услуги в области образования;

N– услуги в области здравоохранения и социального обслуживания населения;

O– коммунальные, социальные и персональные услуги прочие;

P– услуги домашних хозяйств в качестве работодателей для домашней прислуги;

Q– услуги экстерриториальных организаций и органов.

Также эффективны государственные системы каталогизации продукции, обеспечивающие сбор и представление в определенном порядке информации о производителях продукции, ее характеристиках и изготовителях. Функции по общему руководству, координации и контролю по формированию систем возложены на государственные органы по стандартизации. Описание единицы продукции может включать элементы:

- наименование продукции и ее различное исполнение или ассортиментная часть (тип, марка, модель, серия);
- классификационная и кодификационная часть;
- назначение;
- основные потребительские и эксплуатационные свойства;
- сведения об изготовителях.

1.1.2 **Понятия, относящиеся к соответствию и несоответствиям продукции**

Согласно СТБ ИСО 9000 *качество*– степень соответствия набора присущих характеристик объекта требованиям. Далее в примечаниях к данному стандарту сказано, что термин «качество» может применяться с такими прилагательными, как плохое, хорошее или отличное. Термин «собственный» в противоположность термину «запланированный» означает существование в чем-то, особенно если это касается постоянной характеристики.

Характеристика– отличительное свойство. Характеристика может быть собственной или присвоенной. Характеристика может быть качественной или количественной.

Согласно СТБ ИСО 9000 **характеристика качества**– присущая характеристика объекта, связанная с требованием. Характеристика может быть качественной или количественной, собственной или присвоенной. «Собственная» означает существование в чем-то, особенно, если это касается постоянной характеристики. Присвоенные характеристики продукции, процесса или системы (например, цена продукции, владелец продукции) не являются характеристиками качества этой продукции, процесса или системы. Существуют различные классы характеристик, такие, как:

- физические (например, механические, электрические; химические или биологические характеристики);
- органолептические (например, связанные с запахом, осязанием, вкусом, зрением, слухом);
- этические (например, вежливость, честность, правдивость);
- временные (например, пунктуальность, безотказность, доступность);
- эргономические (например, физиологические характеристики, или связанные с безопасностью человека);
- функциональные (например, максимальная скорость самолета).

Согласно СТБ ИСО 9000 **требование** – потребность или ожидание, которое установлено, обычно предполагается или является обязательным. «Обычно предполагается» означает, что это общепринятая практика организации, ее потребителей и других заинтересованных сторон, когда предполагаются рассматриваемые потребности или ожидания. Для обозначения конкретного вида требования могут применяться, как определяющие слова, например, требование к продукции, требование к системе качества, требование потребителя. Установленным требованием является такое требование, которое определено, например, в документе.

Требования могут выдвигаться различными заинтересованными сторонами. В некоторых ситуациях установленные требования совпадают с потребительскими. В других ситуациях они могут не совпадать. Отличаясь большей или меньшей жесткостью, или точная связь между ними может быть не в полной мере известна или понятна.

В контексте качества важным понятием является градация. **Градация** (согласно СТБ ИСО 9000) – категория или разряд, дающиеся различным требованиям для объекта, имеющего одинаковое функциональное применение.

Пример: Класс авиабилета или категория гостиницы в справочнике гостиниц. При определении требования к качеству градация обычно устанавливается.

СТБ ИСО 9000 дает следующие определения, касающиеся соответствий и возможных несоответствий продукции.

Спецификация – документ, устанавливающий требования.

Соответствие – выполнение требования.

Несоответствие – невыполнение требования. Несоответствия, как правило, классифицируют по степени важности. Число классов и отнесение к классам должны соответствовать требованиям к качеству для конкретных ситуаций. Обычно класс А включает в себя те важнейшие несоответствия, которые требуют наиболее строгих критериев приемки.

Термин «несоответствие» применим также к работам и услугам.

Согласно ТКП 5.1.04 **несоответствие работ (услуг)** – несоответствие работ, услуг техническим нормативным правовым актам (ТНПА), устанавливающим требования к безопасности работ (услуг), условиям договора или иным требованиям, предъявляемым к работам (услугам).

Существенное несоответствие – неустраняемое несоответствие либо несоответствие, которое не может быть устранено без несоразмерных расходов либо несоразмерных затрат времени или выявляется повторно, или проявляется вновь после его устранения, или другие подобные

несоответствия. *Зона несоответствия*—зона за пределами области, включающей зону спецификации и расширенную неопределенность измерения.

К возможным несоответствиям продукции, как правило, относят дефект, неисправность, неработоспособность.

Термин «дефект» может употребляться в различных контекстах.

Так, согласно ГОСТ 15467 *дефект*—каждое отдельное несоответствие продукции установленным требованиям.

Согласно СТБ ИСО 9000 *дефект* – несоответствие, связанное с предполагаемым или установленным использованием. Термин «дефект» применим, когда признак качества продукции оценивают с точки зрения использования в отличие от соответствия техническим условиям. Поскольку термин «дефект» имеет определенное значение в законодательстве, им нельзя пользоваться как общим термином. Различие между понятиями дефект и несоответствие является важным, так как имеет подтекст юридического характера, особенно связанный с вопросами ответственности за качество продукции. Следовательно, термин «дефект» надо использовать чрезвычайно осторожно. Предполагаемое использование, как его предполагает потребитель, может зависеть от характера информации, такой, как инструкции по использованию и техническому обслуживанию, предоставляемые поставщиком.

К несоответствиям относятся нарушение сплошности материалов и деталей, неоднородность состава материала: наличие включений, изменение химического состава, наличие других фаз материала, отличных от основной фазы, и др. Дефектами являются также любые отклонения параметров материалов, деталей и изделий от заданных, таких как размеры, качество обработки поверхности, влаго- и теплостойкость и ряд других физических величин. Годная продукция не содержит дефектов, препятствующих ее приемке, но, как правило, имеет допускаемые отклонения показателей качества или параметров. Выявление скрытых

дефектов на последующих этапах контроля или стадиях эксплуатации продукции означает, что данная продукция (ее единица) ошибочно считавшаяся до этого годной, фактически является дефектной. Также примерами дефектов могут быть выход размера детали за пределы допуска, неправильная сборка или регулировка (настройка) аппарата (прибора), царапина на защитном покрытии изделия, недопустимо высокое содержание вредных примесей в продукте, наличие заусенцев на резьбе и т.д. Термин «дефект» применяют при контроле качества продукции на стадии ее изготовления, а также при ее ремонте, например, при дефектации, составлении ведомостей дефектов и контроле качества отремонтированной продукции.

В зависимости от возможного влияния дефекта на служебные свойства детали дефекты могут быть:

- **критическими** (дефекты, при наличии которых использование продукции по назначению невозможно или исключается по соображениям безопасности и надежности);
- **значительными** (дефекты, существенно влияющие на использование продукции и/или на ее долговечность, но не являющиеся критическими);
- **малозначительными** (не оказывают влияния на работоспособность продукции).

Такое разделение основано на оценке степени влияния каждого рассматриваемого дефекта на эффективность и безопасность, использования продукции с учетом ее назначения, устройства показателей ее качества, режимов и условий эксплуатации. Указанное разделение дефектов производится для последующего выбора вида контроля качества продукции (выборочный или сплошной) и для назначения такой характеристики выборочного контроля как риск потребителя (заказчика). Чтобы не пропустить критический дефект, контроль продукции должен быть сплошным и в ряде случаев – неоднократным. Контроль отсутствия

значительного дефекта допускается осуществлять выборочно только при достаточно низком назначении риска потребителя. Отсутствие малозначительного дефекта может контролироваться выборочно при относительно высоком значении риска потребителя.

Для некоторых видов продукции определенные совокупности дефектов, каждый из которых при отдельном его рассмотрении является малозначительным, могут быть эквивалентны значительному или даже критическому дефекту и должны относиться к соответствующей категории. Совокупности же значительных с малозначительными дефектами аналогичным образом могут быть эквивалентны критическому дефекту и должны относиться к категории критических. В отдельных отраслях промышленности может, при необходимости, производиться более детальная классификация дефектов по степени их влияния на эффективность использования продукции.

По происхождению дефекты изделий подразделяют на виды:

- **производственно-технологические** (металлургические, возникающие при отливке и прокатке, технологические, возникающие при изготовлении, сварке, резке, пайке, клепке, склеивании, механической, термической или химической обработке и т.п.);
- **эксплуатационные** (возникающие после некоторой наработки изделия в результате усталости материала, коррозии металла, изнашивания трущихся частей, а также неправильной эксплуатации и технического обслуживания);
- **конструктивные** дефекты, являющиеся следствием несовершенства конструкции из-за ошибок конструктора.

Несоответствие требованиям технического задания или установленным правилам разработки (модернизации) продукции относится к конструктивным дефектам. Несоответствие требованиям нормативной документации на изготовление или поставку продукции относится к производственным дефектам.

Деление дефектов на *явные* и *скрытые* обуславливается предусмотренными правилами, методами и средствами контроля качества продукции.

Многие явные дефекты, выявляются при внешнем осмотре (визуально). Однако если нормативной документацией предусмотрена проверка отсутствия какого-либо дефекта инструментом, прибором или разборкой контролируемого изделия, то такой дефект относится к категории явных, несмотря на невозможность его визуального обнаружения. Скрытые дефекты, как правило, выявляются после поступления продукции к потребителю или при дополнительных ранее не предусмотренных проверках, в связи с обнаружением других (явных) дефектов.

По характеру дефекты могут быть *исправимыми* (*устранимыми*) и *неисправимыми* (*неустранимыми*). Устранимость и неустрашимость дефекта определяют применительно к рассматриваемым конкретным условиям производства и ремонта с учетом необходимых затрат и других факторов. Один и тот же дефект может быть отнесен к устранимым или неустрашимым в зависимости от того, обнаружен он на ранних или на заключительных этапах технологического процесса производства (ремонта). Неустрашимые дефекты могут переходить в категорию устранимых также в связи с усовершенствованием технологии производства (ремонта) продукции и снижением затрат на исправление брака. В связи с этим, в СТБ ИСО 9000 введены понятия «коррекция», «ремонт», «переделка», «снижение градации».

Коррекция – действие, предпринятое для устранения обнаруженного несоответствия. Коррекция может осуществляться в сочетании с корректирующим действием. Коррекция может включать, например, переделку или снижение градации.

Переделка – действие, предпринятое в отношении несоответствующей продукции или услуг с тем, чтобы сделать их соответствующими требованиям.

Ремонт – действие, предпринятое в отношении несоответствующей продукции с тем чтобы сделать ее приемлемой для предполагаемого использования.

Таким образом, в отличие от переделки ремонт может состоять в воздействии на части несоответствующей продукции или изменять их. Ремонт включает действие по исправлению, предпринятое в отношении ранее соответствовавшей продукции для ее восстановления с целью использования, например, как часть технического обслуживания. В отличие от переделки ремонт может воздействовать на части несоответствующей продукции или изменять их.

Изменение градации – изменение градации несоответствующей продукции или услуги, чтобы привести ее в соответствие с требованиями отличными от исходных требований.

Разрешение на отклонение – разрешение на использование или выпуск продукции или услуги, которые не соответствуют установленным требованиям. Разрешение на отклонение обычно распространяется на поставку продукции с несоответствующими характеристиками для установленных согласованных ограничений по времени или количеству данной продукции.

Разрешение на отступление – разрешение на отступление от исходных установленных требований к продукции или услуг до их производства. Разрешение на отступление, как правило, дается на ограниченное количество продукции или период времени, а также для конкретного использования.

Утилизация – действие, предпринятое в отношении несоответствующей продукции или услуги для предотвращения ее предполагаемого использования.

Пример: переработка, уничтожение. В ситуации с несоответствующей услугой применение предотвращается посредством прекращения услуги.

Выпуск—разрешение на переход к следующей стадии процесса или следующему процессу.

Дефектное изделие—изделие, имеющее хотя бы один дефект.

В соответствии с приведенной классификацией дефектов иногда по результатам контроля продукции различают следующие ее единицы (в частности, изделия):

- **критически дефектные**, т.е. имеющие хотя бы один критический дефект;
- **значительно дефектные**, т.е. имеющие один или несколько значительных дефектов, но не имеющие критических дефектов;
- **малозначительно дефектные**, т.е. имеющие один или несколько дефектов малозначительных по отдельности и в совокупности, но не имеющие значительных и критических дефектов.

Термин «дефект» связан с термином «неисправность» но не является его синонимом. Неисправность представляет собой определенное состояние изделия. Находясь в неисправном состоянии, изделие имеет один или несколько дефектов. Термин «неисправность» применяют при использовании, хранении и транспортировании определенных изделий. Так, например, словосочетание «характер неисправности» означает конкретное недопустимое изменение в изделии, которое до его повреждения было исправным (находилось в исправном состоянии). В отличие от термина «дефект» термин «неисправность» распространяется не на всякую продукцию, в том числе не на всякие изделия, например, не называют неисправностями недопустимые отклонения показателей качества материалов, топлива, химических продуктов, изделий пищевой промышленности и т.п. Термин «дефект» следует отличать также от термина «отказ». Отказом, согласно ГОСТ 27.002, называется событие, заключающееся в нарушении работоспособности изделия, которое до возникновения отказа было работоспособным. Отказ может возникнуть в результате наличия в изделии одного или нескольких

дефектов, но появление дефектов не всегда означает, что возник отказ, т.е. изделие стало неработоспособным.

Понятие «годная продукция» следует отличать от более узкого понятия «работоспособная продукция», применимого к такой продукции, которая при ее использовании по назначению расходует свой технический ресурс. Такая продукция, будучи годной, является не только работоспособной, но и исправной, так как она удовлетворяет всем требованиям нормативной документации. Однако работоспособная продукция не всегда является годной, поскольку она может иметь дефекты, не оказывающие существенного влияния на функционирование продукции, но исключающие возможность поставки ее потребителю. Следует учитывать, что в ряде случаев годная продукция должна состоять не только из годных единиц (в частности, годных, изделий), но также должна иметь удовлетворительные показатели однородности. Если рассматриваемая единица продукции имеет дефект, то это означает, что, по меньшей мере, один из показателей ее качества или параметров вышел за предельное значение или не выполняется (не удовлетворяется) одно из требований нормативной документации к признакам продукции.

Брак – продукция, передача которой потребителю не допускается из-за наличия дефектов или продукция, дефект которой выявлен у потребителя в процессе ее приемки или использования.

Понятие «брак» совпадает с понятием «забракованная продукция», если продукция состоит из одной единицы, оказавшейся дефектной, или из нескольких единиц, в каждой из которых имеется хотя бы один дефект. Если продукция, состоящая из нескольких единиц (например, партия изделий), забракована по результатам выборочного контроля, то в ней, кроме дефектных единиц (дефектных изделий) могут содержаться также и годные единицы (годные изделия). В этом случае брак может выделяться из забракованной продукции при ее разбраковке методом сплошного контроля. Продукция, состоящая из годных единиц, может быть забракована в связи

с получением при испытаниях неудовлетворительного значения показателя однородности. В приведенных случаях понятия «брак» и «забракованная продукция» не совпадают.

Браком считается продукция, которая из-за наличия дефектов, т.е. отдельных отклонений от установленных требований, не соответствует техническим условиям на ее изготовление. Дефекты могут быть выявлены при производстве продукции, выходном контроле ее качества, на стадии испытаний и в процессе эксплуатации. Исправление дефектов ведет к удорожанию стоимости всей выпускаемой продукции или отдельных ее партий. Неисправимый брак оказывается для предприятия прямым экономическим ущербом, потерями труда и материально-технических ресурсов. Появление дефектов на любой стадии требует немедленного установления места и причин их возникновения с целью оперативного решения вопроса о приостановке выпуска дефектной продукции, определения способа возмещения потерь от брака и устранения его причины. Брак возникает в результате нарушений нормативных требований, ошибок конструкторов и технологов, некомпетентных решений администраторов, нарушений технологической и производственной дисциплины, неудовлетворительного выполнения контрольных операций. Некачественный труд одного работника может сделать бесполезным труд целых коллективов, уничтожить результаты их труда. Отсюда главным средством предотвращения брака является повышение культуры производства, квалификации и личной ответственности исполнителей за результаты своей работы.

Противоречивость определения «брак» применительно к конструкторским, проектным и технологическим разработкам существенно снижает эффективность мер по повышению их качества. Ответственность за низкое качество разработок осложняется тем обстоятельством, что стандарты и технические условия утверждаются по результатам отработки и приемки опытных образцов и, следовательно, не может быть такого положения, когда

разработка не соответствовала бы требованиям стандартов и технических условий.

Потери от окончательного внешнего брака равны его себестоимости за минусом суммы ущерба, взыскиваемой с виновников. Себестоимость этого брака состоит из произведенной себестоимости продукции, расходов по замене и транспортировке забракованных изделий. Потери от внешнего исправимого брака состоят из расходов по его исправлению за минусом стоимости замененных деталей по ценам их возможного использования и сумм ущерба, взыскиваемых с виновников. Потери от внешнего окончательного или исправимого брака относятся в себестоимость аналогичных видов продукции, выпускаемой в том месяце, когда была принята рекламация покупателя. Если в данном месяце не выпускается продукция, аналогичная забракованной, то потери от внешнего брака распределяются между всей товарной продукцией косвенным путем по методу распределения общехозяйственных расходов.

Аналогично делению дефектов на устранимые и неустраняемые, отнесение брака к исправимому и неисправимому зависит от ряда факторов, например, от принятой технологии изготовления продукции, величины затрат на исправление брака и т.п.

В приложениях СТБ ИСО 9000 дано графическое представление используемых понятий применительно к качеству (рис. 1.4, характеристикам (рис. 1.5), соответствию (рис. 1.6).



Рис. 1.4. Понятия, относящиеся к качеству

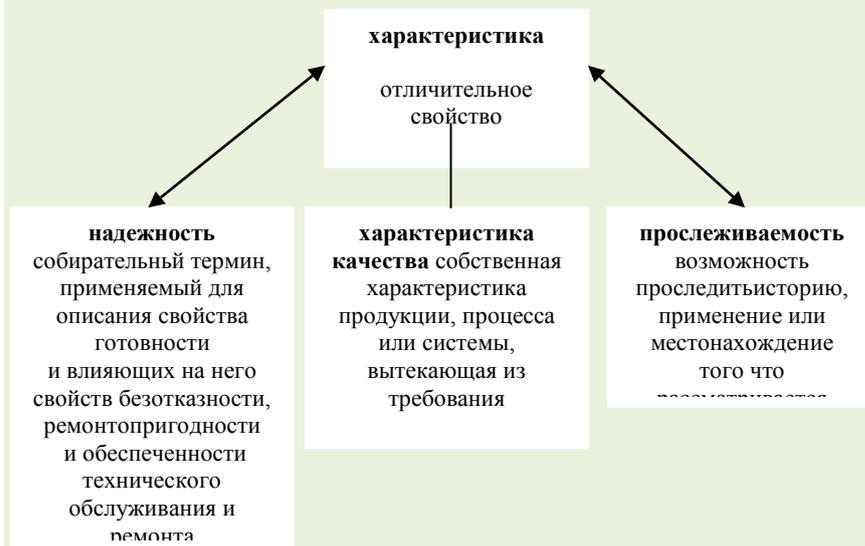


Рис. 1.5. Понятия, относящиеся к характеристикам

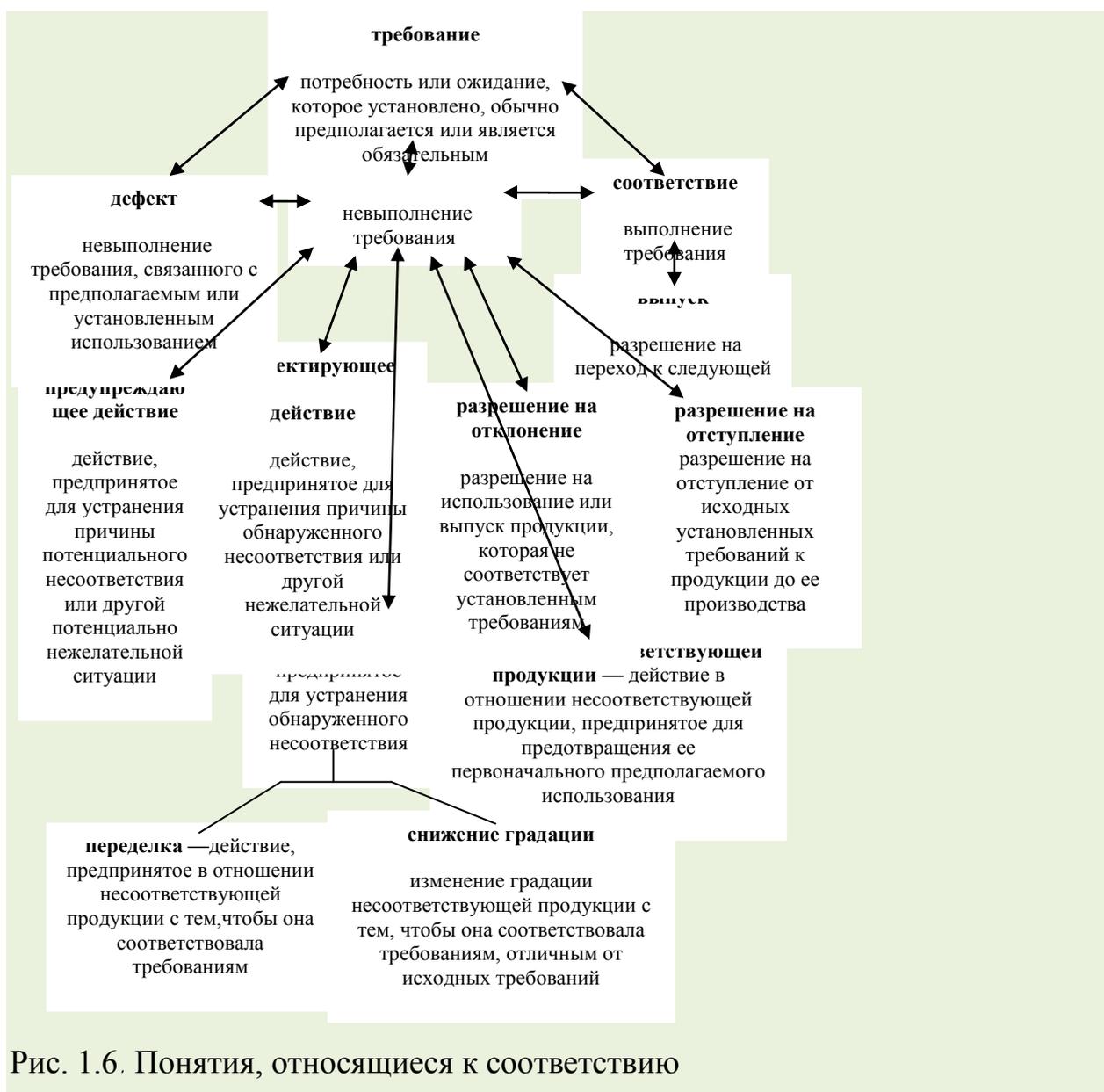


Рис. 1.6. Понятия, относящиеся к соответствию

1.2 Сущность измерений, испытаний, контроля и диагностики продукции, их взаимосвязь

Развитие методов измерений, контроля и испытаний, опирающихся на современную базу вычислительной техники, привело к пересмотру устоявшихся процедур измерений, преобразований измерительной информации и последующего ее использования для принятия решений. Это повлекло за собой потребность включения в процедуры контроля и испытаний ранее известных научных методов обработки статистической (измерительной) информации, а также побудило разработку новых разделов прикладной теории измерений, контроля, испытаний и диагностики.

Однако термины «измерение», «контроль», «испытание» часто употребляются как идентичные понятия или не имеют четкого разграничения в их определениях, что затрудняет разработку методов оптимизации процессов их выполнения. Общим для всех этих понятий является то, что они служат для оценки или проверки какого-либо свойства исследуемого объекта в определенных условиях его функционирования. Все процессы оценки свойств объекта, выполняемые под воздействием меняющихся условий функционирования, относятся к области испытаний. Можно сказать, что испытание объекта – это контроль его свойств в различных условиях эксплуатации. Экспериментальное определение характеристик и свойств объекта при испытаниях может проводиться на основе измерений, использования анализов, диагностирования, органолептических методов, путем регистрации определенных событий при испытаниях (отказы, повреждения) и т.д. К условиям испытаний относятся внешние воздействующие факторы (ВВФ) естественные, так и искусственно создаваемые, а также внутренние воздействия, вызываемые функционированием объекта (например, нагрев, вызываемый трением или прохождением электрического тока) и режимы функционирования объекта, способы и место его установки, монтажа, крепления, скорость перемещения и т.п.

Термины «измерение», «испытание», «контроль» будут рассматриваться в данном пособии с позиций системного подхода как процессы выполнения единичной операции – собственно измерения, испытания или контроля. Материал излагается в следующей последовательности:

Сущность понятия (измерения, испытания, контроля) → система → цели → результаты → объекты → материально-техническая база → организационно-методическая база (исполнители, методы, методики, условия).

1.2.1 Измерения

Сущность понятия измерения. Приведем действующие определения термина «измерение».

В соответствии с РМГ 29 *измерение физической величины* (измерение величины; измерение)– совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу физической величины, обеспечивающих нахождение соотношения (в явном или неявном виде) измеряемой величины с ее единицей и получение значения этой величины.

Согласно Международному словарю по метрологии (VIM) *измерение*– процесс экспериментального получения одного или более значений величины, которые могут быть обоснованно приписаны величине. В примечаниях к данному документу сказано, что «измерения не применяют в отношении качественных свойств», «измерение подразумевает сравнение величин и включает счет объектов», «измерение предусматривает описание величины в соответствии с предполагаемым использованием результата измерения, методику измерений и откалиброванную измерительную систему, функционирующую в соответствии с регламентированной методикой измерений и с учетом условий измерений».

Измерение как система. Поскольку в отличие от испытаний и контроля в определение измерения как системы отсутствует в нормативной литературе, авторы предлагают использовать данное понятие по причине его значимости, определяя его следующим образом.

СТБ ИСО 9000 устанавливает термины «система управления измерениями» и «процесс измерения».

Система управления измерениями– совокупность взаимосвязанных или взаимодействующих элементов, необходимых для достижения метрологического подтверждения пригодности и постоянного управления процессами измерения.

Процесс измерения– совокупность операций для установления значения величины.

Цели измерений. Измерения имеют непосредственные и конечные цели. Согласно МИ 1317 *непосредственной целью измерений* является определение истинных значений постоянной или изменяющейся измеряемой величины.

Согласно Международному словарю по метрологии целью измерения в подходе Погрешности является определение оценки истинного значения, которая насколько возможно приближается к этому единственному истинному значению. Отклонение от истинного значения комбинируется из систематических и случайных погрешностей. Два вида погрешностей, в предположении, что они всегда различимы, несомненно, трактуются различно. Нет правил, которые бы устанавливали, как их объединять в форму общей погрешности для любого данного результата измерения, обычно принимаемого за оценку. Обычно оценивается только верхняя граница абсолютного значения общей погрешности, иногда ошибочно называемая «неопределенность».

Цель измерения в Концепции неопределенности не в том, чтобы определить истинное значение насколько возможно точно. Скорее, здесь признается, что информация, полученная при измерении, позволяет лишь приписать измеряемой величине интервал достаточно обоснованных значений, исходя из предположения, что при выполнении измерений не было сделано ошибок. Дополнительная существенная информация может уменьшить размеры интервала значений, которые с достаточным основанием можно приписать измеряемой величине. Тем не менее, даже самое точное измерение не может уменьшить этот интервал до единственного значения ввиду того, что описание измеряемой величины всегда ограничено. Таким образом, неопределенность самого определения измеряемой величины (дефинициальная неопределенность) устанавливает минимальный предел неопределенности измерений. Рассматриваемый интервал может быть представлен одним из своих значений, называемым «измеренным значением величины». В Руководстве по выражению неопределенности в измерениях

(GUM) и в Международном словаре по метрологии (VIM) понятие истинного значения сохранено по причине его всеобщего использования и важности.

Таким образом, непосредственной целью измерений является определение истинных значений постоянной или изменяющейся измеряемой величины и интервала значений, которые обосновано могут быть приписаны ей.

Однако измерения не являются самоцелью, а имеют определенную область использования, т.е. проводятся для достижения некоторого конечного результата, который не обязательно представляет собой оценку истинного значения измеряемой величины. В зависимости от назначения измерений (для контроля параметров продукции, испытаний образцов продукции с целью установления ее технического уровня, учета материальных и энергетических ресурсов, для диагностики технического состояния машин, экспериментальных исследований, арбитражной перепроверки и др.) конечный результат в том или ином виде отражает требуемую информацию о количественных свойствах явлений, процессов (в том числе технологических), материальных объектов (материалов, полуфабрикатов, изделий и т.п.). Таким образом, конечные цели измерений зависят от области использования их результатов.

Результаты измерений. Результат измерений (однократных и многократных) является реализацией случайной величины, равной сумме истинного значения измеряемой величины и погрешности (расширенной неопределенности), и при его представлении необходимо давать подробную информацию о том, как он получен. Так РМГ 29-99 устанавливает следующие термины и их определения:

Результат измерения физической величины (результат измерения, результат)– значение величины, полученное путем ее измерения.

Неисправленный результат измерения (неисправленный результат)– значение величины, полученное при измерении до введения в него поправок, учитывающих систематические погрешности.

Исправленный результат измерения (исправленный результат)– полученное при измерении значение величины и уточненное путем введения в него необходимых поправок на действие систематических погрешностей.

Согласно VIM **результат измерения**– набор значений величины, приписываемых измеряемой величине вместе с любой другой доступной и существенной информацией.

В примечаниях к данному документу говорится следующее. Обычно результат измерения содержит «существенную информацию» о наборе значений величины, такую, что некоторые из этих значений могут в большей степени представлять измеряемую величину, чем другие. Это может быть выражено плотностью распределения вероятностей (probability density function, PDF). Как правило, результат измерения выражается одним измеренным значением величины и неопределенностью измерений. Если неопределенность измерений можно считать пренебрежимо малой для заданной цели измерения, то результат измерения может выражаться как одно измеренное значение величины. Во многих областях это является обычным способом выражения результата измерения. В литературе и в предыдущем издании VIM результат измерения определялся как значение, приписанное измеряемой величине, и уточнялось, в соответствии с контекстом, имеется ли в виду показание, неисправленный результат или исправленный результат.

Кроме того, в VIM приведено определение измеренного значения величины. **Измеренное значение величины**– значение величины, которое представляет результат измерения. Для измерения, в котором имеют место повторные показания, каждое показание может использоваться, чтобы получить соответствующее измеренное значение величины. Такая совокупность отдельных измеренных значений величины может быть использована для вычисления результирующего измеренного значения величины, такого как среднее арифметическое или медиана, обычно с меньшей соответствующей неопределенностью измерений. Когда диапазон

истинных значений величины, представляющих измеряемую величину, мал, по сравнению с неопределенностью измерений, измеренное значение величины может рассматриваться как оценка, по сути дела, единственного истинного значения величины, и оно часто представляет собой среднее арифметическое или медиану отдельных измеренных значений, которые получены при повторных измерениях. В случае, когда диапазон истинных значений величины, представляющих измеряемую величину, нельзя считать малым по сравнению с неопределенностью измерений, измеренное значение часто будет оценкой среднего арифметического или медианы набора истинных значений величины. В GUM для понятия «измеренное значение величины» используют термины «результат измерения» и «оценка значения измеряемой величины» или просто «оценка измеряемой величины».

Объекты измерений. Согласно РМГ 29 *объект измерения* – тело (физическая система, процесс, явление и т.д.), которое характеризуется одной или несколькими измеряемыми физическими величинами. В то же время согласно определению понятия «величина», приведенному в VIM (*величина* – свойство явления, тела или вещества, которое может быть выражено количественно в виде числа с указанием отличительного признака как основы для сравнения) к объектам измерений относятся также вещества. В качестве примеров объектов, реализованных как материальное тело, можно привести заготовку, деталь, вещество и т.д.

Примеры физической системы: отопительная система, тепло-, электросеть, раствор электролита, помещенный в резервуар с электродами и т.д.

Примеры процесса: объекта измерений: технологический процесс, движение электропоезда по железнодорожному пути, процесс преобразования одного вида энергии в другой и т.п.

Примеры явлений: распространение звука в воздушной среде, процесс диффузии и т.д.

Материально-техническая база измерений. К техническим средствам, используемым при проведении измерений, относят *средства измерительной техники*– обобщающее понятие, охватывающее технические средства, специально предназначенные для измерений. К средствам измерительной техники относят средства измерений и их совокупности (измерительные системы, измерительные установки), измерительные принадлежности, измерительные устройства.

Согласно РМГ 29 *средство измерений*– техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее и (или) хранящее единицу физической величины, размер которой принимают неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени.

Согласно VIM *средство измерений*– устройство, используемое для выполнения измерений, в том числе, в сочетании с одним или несколькими дополнительными устройствами. В данном документе говорится, что средство измерений, которое может использоваться отдельно, является измерительной системой. Средство измерений может быть измерительным прибором или материальной мерой.

По функциональному назначению и конструктивному исполнению различают средства измерений: меры, измерительные приборы, датчики, а также их совокупности– измерительные системы, измерительные установки и комплексы. По участию оператора в процессе измерения различают автоматизированные и автоматические средства измерений. Средства измерений также могут быть стандартизованными и не стандартизованными.

Измерительные принадлежности– вспомогательные средства, служащие для обеспечения необходимых условий для выполнения измерений с требуемой точностью.

Примеры: термостат, барокамера, специальные противовибрационные фундаменты, устройства, экранирующие влияние электромагнитных полей, тренога для установки прибора по уровню.

Измерительное устройство – часть измерительного прибора (установки или системы), связанная с измерительным сигналом и имеющая обособленную конструкцию и назначение.

Пример: Измерительным устройством может быть названо регистрирующее устройство измерительного прибора (включающее ленту для записи, лентопротяжный механизм и пишущий элемент), измерительный преобразователь.

СТБ ИСО 9000 определяет термин **измерительное оборудование** – средства измерения, программные средства, эталоны, стандартные образцы или вспомогательная аппаратура, или комбинация из них, необходимые для выполнения процесса измерения.

Организационно-методическая база измерений. Субъектами измерений являются непосредственно операторы, выполняющие конкретные измерительные операции (поверители, контролеры отделов технического контроля (ОТК), сотрудники метрологических служб). В общем случае субъектами измерений в системе обеспечения их единства являются метрологические службы. Согласно РМГ 29-99 **метрологическая служба** – сеть организаций, отдельная организация или отдельное подразделение, на которое возложена ответственность за метрологическое обеспечение измерений.

В системе обеспечения единства измерений Республики Беларусь различают государственную метрологическую службу, метрологические службы органов государственного управления и субъектов хозяйствования, государственную службу времени и частоты, государственную службу стандартных образцов, государственную службу стандартных справочных данных, национальную калибровочную службу, аккредитованные поверочные, калибровочные и испытательные лаборатории. Согласно СТБ ИСО 9000 **метрологическая служба** – функциональная единица с административной и технической ответственностью для определения и внедрения системы менеджмента измерений.

Согласно РМГ 29 *метод измерений*– прием или совокупность приемов сравнения измеряемой физической величины с ее единицей в соответствии с реализованным принципом измерений. Метод измерений обычно обусловлен устройством средств измерений. Согласно VIM *метод измерения*– общее описание логической последовательности операций, которые используются при измерении. Методы измерений могут быть классифицированы различными способами, такими как метод измерения замещения, дифференциальный метод измерения и нулевой метод измерения.

Принцип измерений (РМГ 29)– физическое явление или эффект, положенное в основу измерений.

Примеры: применение эффекта Джозефсона для измерения электрического напряжения, применение эффекта Пельтье для измерения поглощенной энергии ионизирующих излучений, применение эффекта Доплера для измерения скорости, использование силы тяжести при измерении массы взвешиванием

Методика выполнения измерений (РМГ 29)– установленная совокупность операций и правил при измерении, выполнение которых обеспечивает получение необходимых результатов в соответствии с данным методом. Согласно Руководству по выражению неопределенности измерения (далее– GUM) *измерительная процедура* (методика выполнения измерения)– специально описанная совокупность операций, используемая при выполнении конкретных измерений в соответствии с данным методом. Измерительная процедура обычно вносится в документ, который сам иногда называется «измерительная процедура» (или метод измерения) и обычно содержащиеся в нем сведения являются достаточными для оператора, чтобы выполнить измерения без дополнительной информации. Согласно VIM *методика измерения* – детальное описание измерения в соответствии с одним или более принципами измерений и данным методом измерений, которое основано на модели измерений и включает вычисления,

необходимые для получения результата измерения. Методику измерений обычно описывают достаточно подробно и представляют в виде документа, позволяющего оператору выполнить измерение. Методика измерений может включать информацию о целевой неопределенности измерений. Методику измерений иногда называют стандартной операционной процедурой (standard operating procedure, англ. Аббревиатура– SOP).

Методика измерения может включать заявление касательно целевой неопределенности измерения.

Согласно РМГ 29 **нормальные условия измерений**– условия измерения, характеризуемые совокупностью значений или областей значений влияющих величин, при которых изменением результата измерений пренебрегают вследствие малости. Нормальные условия измерений устанавливаются в нормативных документах на средства измерений конкретного типа или по их поверке (калибровке). **Рабочие условия измерений**– условия измерений, при которых значения влияющих величин находятся в пределах рабочих областей.

Пример: Для измерительного конденсатора нормируют дополнительную погрешность на отклонение температуры окружающего, воздуха от нормальной.

Пример: Для амперметра нормируют изменение показаний, вызванное отклонением частоты переменного тока от 50 Гц (50 Гц в данном случае принимают за нормальное значение частоты).

Предельные условия измерений– условия измерений, характеризуемые экстремальными значениями измеряемой и влияющих величин, которые средство измерений может выдержать без разрушений и ухудшения его метрологических характеристик.

Согласно РМГ 29 **влияющая физическая величина**– физическая величина, оказывающая влияние на размер измеряемой величины и (или) результат измерений. Согласно VIM **влияющая величина**– величина, которая при прямом измерении не влияет на величину, которая является

действительно измеряемой, но влияет на соотношение между показаниями и результатом измерения.

Пример: Частота при прямом измерении постоянной амплитуды переменного тока с помощью амперметра.

Пример: Молярная концентрация билирубина при прямом измерении молярной концентрации гемоглобина в плазме крови человека.

Пример: Температура микрометра, применяемого для измерения длины стержня, но не температура самого стержня, которая может входить в определение измеряемой величины.

Пример: Фоновое давление в источнике ионов масс-спектрометра во время измерения молярной доли вещества.

Косвенное измерение включает комбинацию прямых измерений, каждое из которых может находиться под воздействием влияющих величин.

Нормальное значение влияющей величины– значение влияющей величины, установленное в качестве номинального. При измерении многих величин нормируется нормальное значение температуры 20 °С или 293 К, а в других случаях нормируется 296 К (23 °С). На нормальное значение, к которому приводятся результаты многих измерений, выполненные в разных условиях, обычно рассчитана основная погрешность средств измерений.

Нормальная область значений влияющей величины– область значений влияющей величины, в пределах которой изменением результата измерений под ее воздействием можно пренебречь в соответствии с установленными нормами точности.

Пример: нормальная область значений температуры при поверке нормальных элементов класса точности 0,005 в термостате не должна изменяться более чем на $\pm 0,05$ °С от установленной температуры 20 °С, т.е. быть в диапазоне от 19,95 °С до 20,05 °С.

Рабочая область значений влияющей величины – область значений влияющей величины, в пределах которой нормируют дополнительную погрешность или изменение показаний средства измерений.

В VIM также приведены следующие определения.

Модель измерения – математическая зависимость между всеми величинами, о которых известно, что они вовлечены в измерение

Функция измерения – функция величин, значение которой, когда при вычислении используются известные значения величины для входных величин в модели измерения, является измеренным значением выходной величины в модели измерения.

Входная величина в модели измерения – величина, которая должна быть измерена, или величина, значение которой может быть получено другим способом, для того, чтобы рассчитать измеренное значение измеряемой величины.

Выходная величина в модели измерения – величина, измеренное значение которой вычисляют, используя значения входных величин в модели измерения.

1.2.2 Испытания

Сущность понятия «испытания». Согласно ГОСТ 16504 *испытание* – экспериментальное определение количественных и (или) качественных характеристик свойств объекта испытаний как результата воздействия на него, при его функционировании, при моделировании объекта и (или) воздействий. Экспериментальное определение характеристик свойств объекта при испытаниях может проводиться путем использования измерений, анализов, диагностирования, органолептических методов, путем регистрации определенных событий при испытаниях (отказы, повреждения) и т.д.

Характеристики свойств объекта при испытаниях могут оцениваться, если задачей испытаний является получение количественных или качественных оценок, а могут контролироваться, если задачей испытаний

является только установление соответствия характеристик объекта заданным требованиям. В этом случае испытания сводятся к контролю. Поэтому ряд видов испытаний являются контрольными, в процессе которых решается задача контроля.

Испытания как система. Согласно ГОСТ 16504 *система испытаний* – совокупность средств испытаний, исполнителей и определенных объектов испытаний, взаимодействующих по правилам, установленным соответствующей нормативной документацией.

Цели испытаний. Важнейшим признаком любых испытаний является принятие на основе их результатов определенных решений. Непосредственной целью испытаний является получение оценки характеристик свойств объекта в заданных условиях. Промежуточными целями испытаний в зависимости от категории являются:

- научные исследования (проверка гипотез, моделирование объекта, предварительные эксперименты и т.д.);
- проверка соответствия характеристик объекта заданным требованиям;
- принятие решений о передаче продукции на новый вид испытаний, реализации потребителю, переходе на определенный этап производственного процесса или стадию существования и др.

Результаты испытаний. В соответствии с ГОСТ 16504 *результат испытаний* – оценка характеристик свойств объекта, установления соответствия объекта заданным требованиям по данным испытаний, результаты анализа качества функционирования объекта в процессе испытаний. За результат испытания образца принимается результат измерения параметра, определяемого при испытании, при фактически установленных значениях параметров условий испытаний. Результат испытания должен сопровождаться указанием характеристик погрешности испытаний (или статистических оценок характеристик), а также номинальных значений параметров условий испытания и (действительных или допускаемых) характеристик погрешности задания этих параметров (или

статистических оценок характеристик), или ссылкой на документ, где они указаны. За погрешность испытаний образца принимается разность между результатом измерения параметра, определяемого при испытании образца продукции, полученным при фактических условиях испытания, и истинным значением определяемого параметра, которое он имеет при параметрах условий испытания, точно равных своим номинальным значениям или тем значениям, при которых требуется определить параметр образца. Определенная таким образом погрешность испытаний характеризует степень достижения цели испытаний.

Точность результатов испытаний – свойство испытаний, характеризующее близостью результатов испытаний к действительным значениям характеристик объекта в определенных условиях испытаний.

Основным результатом испытаний является вывод о качестве испытываемого объекта: о его исправности или неисправности, о возможности предъявления на следующие этапы испытаний, о возможности серийного выпуска и т.д. В зависимости от вида продукции и программы испытаний объектом испытаний может выступать единичное изделие или партия изделий, которые подвергаются сплошному или выборочному контролю.

Объекты испытаний. ***Объект испытаний*** (ГОСТ 16504) – продукция, подвергаемая испытаниям. Главным признаком объекта испытаний является то, что по результатам его испытаний принимается то или другое решение по этому объекту – о его годности или забраковании, о возможности предъявления на следующие испытания, о возможности серийного выпуска и другие. В зависимости от вида продукции и программы испытаний объектом испытаний может являться единичное изделие или партия изделий, подвергаемая сплошному или выборочному контролю, отдельный образец или партия продукции, от которой берется оговоренная нормативно-технической документацией (НТД) проба. Объектом испытаний может быть макет или модель изделия и решение по результатам испытаний может относиться непосредственно к макету или модели. Однако если при

испытании какого-либо изделия некоторые элементы его приходится для испытаний заменить моделями или отдельные характеристики изделия определять на моделях, то объектом испытаний остается само изделие, оценку характеристик которого получают на основе испытаний модели.

Пример: Проводится испытание ЭВМ в составе устройств ввода и вывода, запоминающего устройства, арифметического устройства и т.д. Объектом испытаний считается ЭВМ в целом.

Пример: На испытания представлен один из нескольких каналов системы связи. В этом случае объектом испытаний является данный канал системы связи.

Пример: На испытания представляется партия объемом N телевизоров. Из N изделий делается выборка n изделий, у которых определяются характеристики их свойств. На основании использования выборочных методов оценки и контроля результаты испытаний распространяются на всю партию из N телевизоров. В этом случае объектом испытаний является вся партия из N телевизоров.

ГОСТ 16504 также устанавливает следующие термины и определения:

Модель для испытаний– изделие, процесс, явление, математическая модель, находящиеся в определенном соответствии с объектом испытаний и (или) воздействиями на него и способные замещать их в процессе испытаний.

Макет для испытаний – изделие, представляющее упрощенное воспроизведение объекта испытаний или его части и предназначенное для испытаний.

Образец для испытаний– продукция или ее часть, или проба, непосредственно подвергаемые эксперименту при испытаниях.

Опытный образец– образец продукции, изготовленный по вновь разработанной рабочей документации для проверки путем испытаний соответствия его заданным техническим требованиям с целью принятия

решения о возможности постановки на производство и (или) использования по назначению.

Материально-техническая база испытаний. Согласно ГОСТ 16504 *средство испытаний* – *техническое устройство, вещество и (или) материал для проведения испытаний*. Понятием средство испытаний охватываются любые технические средства, применяемые при испытаниях. Сюда относится, прежде всего, испытательное оборудование под которым понимаются средства воспроизведения условий испытаний.

Согласно ГОСТ 16504 *испытательное оборудование* – средство испытаний, представляющее собой техническое устройство для воспроизведения условий испытаний. В средства испытаний включаются средства измерений, как встроенные в испытательное оборудование, так и применяемые при испытаниях для измерений тех или иных характеристик объекта или контроля условий испытаний. К средствам испытаний следует относить также вспомогательные технические устройства для крепления объекта испытаний, регистрации и обработки результатов. К средствам испытаний относятся также основные и вспомогательные вещества и материалы (реактивы и т.п.), применяемые при испытаниях.

Организационно-методическая база испытаний. Субъектами испытаний являются непосредственно сотрудники отдела технического контроля, испытательных лабораторий и испытательных организаций.

Согласно ГОСТ 16504 *испытательная организация* – организация, на которую в установленном порядке возложено проведение испытаний определенных видов продукции или проведение определенных видов испытаний

Головная организация по государственным испытаниям продукции – организация, которая утверждена в принятом порядке для проведения на государственном уровне испытаний установленных важнейших видов продукции производственно-технического и культурно-бытового назначения. Определение характеристик объекта при испытаниях может производиться

как при функционировании объекта, так и при отсутствии функционирования, при наличии воздействий, до или после их приложения. Признаком испытаний является задание определенных условий испытаний (реальных или моделируемых), под которыми понимается совокупность воздействий на объект и режимов функционирования объекта.

Условия испытаний – совокупность воздействующих факторов и (или) режимов функционирования объекта при испытаниях. К условиям испытаний относятся внешние воздействующие факторы как естественные, так и искусственно создаваемые, а также внутренние воздействия, вызываемые функционированием объекта (например, нагрев, вызываемый трением или прохождением электрического тока) и режимы функционирования объекта, способы и место его установки, монтажа, крепления, скорость перемещения и т.п.

Нормальные условия испытаний – условия испытаний, установленные в НТД на данный вид продукции. Нормальные условия испытаний (значения воздействующих факторов, режимы функционирования) должны быть указаны в НТД на методы испытаний конкретных видов продукции. Так, например, устанавливаются нормальные климатические условия испытаний для различных видов других технических изделий. Нормальные условия выполнения линейных и угловых измерений и т.д.

Категория испытаний – вид испытаний, характеризуемый организационным признаком их проведения и принятием решений по результатам оценки объекта в целом.

Широкий круг видов испытаний, объединяемых в категории испытаний, характеризуется организационными признаками их проведения, а именно – уровнем (государственные, межведомственные, ведомственные испытания), этапами разработки (предварительные, приемочные), различными видами испытаний готовой продукции (квалификационные, приемо-сдаточные, периодические, типовые и т.д.). По результатам всех этих

испытаний производится оценка объекта в целом и принимается соответствующее решение— о возможности предъявления изделия на приемочные испытания, о постановке изделия на производство, об окончании освоения серийного производства, о возможности его продолжения, о присвоении изделию той или другой категории качества и т.д.

При испытаниях используется следующая документация.

Метод испытаний (ГОСТ 16504)— правила применения определенных принципов и средств испытаний.

Методика испытаний (ГОСТ 16504)— организационно-методический документ, обязательный к выполнению, включающий метод испытаний, средства и условия испытаний, отбор проб, алгоритмы выполнения операций по определению одной или нескольких характеристик свойств объекта, формы представления данных и оценивания точности, достоверности результатов, требования техники безопасности и охраны окружающей среды.

Согласно ГОСТ 16504 **программа испытаний** — организационно-методический документ, обязательный к выполнению, устанавливающий объект и цели испытаний, виды, последовательность и объем проводимых экспериментов, порядок, условия, место и сроки проведения испытаний, обеспечение и отчетность по ним, а также ответственность за обеспечение и проведение испытаний.

Протокол испытаний (ГОСТ 16504) — документ, содержащий необходимые сведения об объекте испытаний, применяемых методах, средствах и условиях испытаний, результаты испытаний, а также заключение по результатам испытаний, оформленный в установленном порядке.

1.2.3 Контроль

Сущность понятия «контроль». Согласно ГОСТ 16504 **технический контроль** (*контрoль*)— проверка соответствия объекта установленным техническим требованиям. Определение включает оценивание и контроль.

В соответствии с ГОСТ Р 50779.11 **контроль** – действия, такие как измерение, обследование, испытание и калибровка одного или нескольких показателей продукции или услуги и сравнение с установленными требованиями для определения соответствия.

Согласно ISO/IEC 17000 **контроль** – проверка проектной документации на продукцию, продукции, процесса или монтажа и определение их соответствия заданным требованиям или, на основе профессионального суждения, общим требованиям.

Контроль качества продукции (ГОСТ 16504) – контроль количественных и (или) качественных характеристик свойств продукции. Сущность всякого контроля сводится к осуществлению двух основных этапов.

1. Получение информации о фактическом состоянии некоторого объекта, о признаках и показателях его свойств. Эту информацию можно назвать первичной.

2. Сопоставление первичной информации с заранее установленными требованиями, нормами, критериями, т.е. обнаружение соответствия или несоответствия фактических данных требуемым (ожидаемым). Информацию о рассогласовании (расхождении) фактических и требуемых данных можно называть вторичной.

Контроль как система. Система контроля (ГОСТ 16504) – совокупность средств контроля, исполнителей и определенных объектов контроля, взаимодействующих по правилам, установленным соответствующей нормативной документацией.

Система ведомственного контроля (ГОСТ 16504) – система контроля, осуществляемая органами министерства или ведомства.

Цели контроля. Целями контроля являются:

- проверка годности объекта по заданному признаку;
- принятие решений;
- оценка качества объекта;

- формирование доверия у потребителей к качеству продукции.

Результаты контроля. Результатом контроля образца является суждение о том, находится или не находится значение контролируемого параметра образца в заданных границах. Результат контроля сопровождается указанием показателей достоверности контроля, а также номинальных значений параметров условий контроля и характеристик погрешности задания этих параметров (или статистических оценок характеристик), или ссылкой на документ, где они указаны.

Объекты контроля. *Объект технического контроля* – подвергаемая контролю продукция, процессы ее создания, применения, транспортирования, хранения, технического обслуживания и ремонта, а также соответствующая техническая документация. Объектом, данные о состоянии и (или) свойствах которого подлежат при контроле сопоставлению с установленными требованиями, может быть продукция, документация или процесс. В ряде случаев граница во времени между первым и вторым этапами контроля неразличима. В таких случаях первый этап может быть выражен нечетко или может практически не наблюдаться. Характерным примером является контроль размера калибром, сводящийся к операции сопоставления фактического и предельно допустимого значений размера. Далее вторичная информация используется для выработки соответствующих управляющих воздействий на объект, подвергавшийся контролю. В этом смысле всякий контроль всегда активен. Необходимо отметить в связи с этим, что всякий контроль, кроме того, всегда в той или иной степени должен быть профилактическим, поскольку вторичная информация может использоваться для совершенствования разработки, производства и эксплуатации продукции, для повышения ее качества и т.д. Однако принятие решений на основе анализа вторичной информации, выработка соответствующих управляющих воздействий уже не является частью контроля. Это следующий этап управления, основанный на результатах контроля – неотъемлемой и существенной части всякого

управления. При техническом контроле первичная информация сопоставляется с техническими требованиями, записанными в нормативной документации, с признаками контрольного образца, с данными, зафиксированными при помощи калибра и т.д.

На стадии разработки продукции технический контроль заключается, например, в проверке соответствия опытного образца и (или) разработанной технической документации правилам оформления и техническому заданию. На стадии изготовления технический контроль охватывает качество, комплектность, упаковку, маркировку и количество предъявляемой продукции, ход (состояние) производственных процессов. На стадии эксплуатации продукции технический контроль заключается, например, в проверке соблюдения требований эксплуатационной и ремонтной документации. Объектами технического контроля являются предметы труда (например, продукция основного и вспомогательного производства в виде изделий, материалов, технической документации и т.п.) средства труда (например, оборудование промышленных предприятий) и технологические процессы.

Контролируемый признак (ГОСТ 16504) – характеристика объекта, подвергаемая контролю.

Контрольная точка (ГОСТ 16504) – место расположения первичного источника информации о контролируемом параметре объекта контроля.

Контрольная точка объекта контроля может являться частью (элементом) контролируемого предмета или находиться на некотором удалении от него (например, контроль содержания окиси углерода в выхлопных газах по ее содержанию в атмосфере вне трубы). В контрольной точке обычно размещают датчик, начало вывода от электрической схемы к измерительному прибору и т.п. Контрольной точкой является установленное место отбора пробы вещества.

Материально-техническая база контроля. Согласно ГОСТ 16504 ***средство контроля*** – техническое устройство, вещество и (или) материал

для проведения контроля. Таким образом, к средствам контроля можно отнести средства измерительной техники и средства испытаний. Для органолептического контроля средствами могут быть органы зрения и обоняния человека.

Организационно-методическая база контроля. Субъектами контроля непосредственно выступают рабочие, операторы и специалисты, в общем случае: ОТК, органы по сертификации и др. Организационно-методическая база контроля включает также следующую документацию.

Метод контроля– правила применения определенных принципов и средств контроля.

Объем контроля– количество объектов и совокупность контролируемых признаков, устанавливаемых для проведения контроля.

По результатам контроля могут составляться различные акты, заключения и др.

1.2.4 Техническая диагностика как разновидность контроля

Техническая диагностика представляет теорию, методы и средства обнаружения и поиска дефектов объектов технической природы. Согласно ГОСТ 20911 **техническая диагностика**– область знаний, охватывающая теорию, методы и средства определения технического состояния объектов. Основное назначение технической диагностики состоит в повышении надежности объектов на этапе их производства, эксплуатации и хранения.

Согласно ГОСТ 20911 **техническое диагностирование**– определение технического состояния объекта. Техническое диагностирование включает контроль технического состояния и контроль функционирования объекта.

Контроль технического состояния– проверка соответствия значений параметров объекта требованиям технической документации и определение на этой основе одного из заданных видов технического состояния в данный момент времени

Контроль функционирования – контроль выполнения объектом части или всех свойственных ему функций.

Объект технического диагностирования – изделие и (или) его составные части, подлежащие (подвергаемые) диагностированию (контролю).

Прогнозирование технического состояния – определение технического состояния объекта с заданной вероятностью на предстоящий интервал времени.

Технический диагноз (результат контроля) – результат диагностирования. Различают следующие виды диагностирования:

- рабочее (диагностирование, при котором на объект подаются рабочие воздействия);
- тестовое техническое (диагностирование, при котором на объект подаются тестовые воздействия);
- экспресс-диагностирование (диагностирование по ограниченному числу параметров за заранее установленное время).

Диагностическое обеспечение позволяет повысить достоверность правильного функционирования объектов, увеличить срок их службы и наработку на отказ. Требования, которым должен удовлетворять изготовленный (новый) или эксплуатируемый объект, определяются соответствующей нормативно-технической документацией. Объект, удовлетворяющий всем требованиям нормативно-технической документации, является исправным или говорят, что он находится в исправном техническом состоянии.

1.2.5 **Взаимосвязь понятий «измерение», «испытание» и «контроль»**

Результаты измерений, представляемые как интервалы с заданными уровнями доверия, используемые для «внутренних» (операционный контроль, арбитражная перепроверка, поверка, градуировка, калибровка,

исследовательские измерения) и «внешних» (сертификационные испытания, валидация методов измерений) целей, очевидно, должны сопровождаться информацией о том, в каких именно условиях прецизионности (повторяемости, воспроизводимости, промежуточной) они получены, поскольку от этого зависит ширина интервалов охвата, а, следовательно, и риски поставщика и потребителя.

Применительно к процессу измерений (испытаний), результативность которого объективно определяется степенью доверия к результатам измерений, данная концепция может быть представлена, как показано на рис. 1.7.



Результат измерений представляет собой реализацию случайной величины (ее аппроксимацию), диапазон значений с заданной вероятностью, типичная форма представления которой $y = y_0 \pm U_p$, P . Очевидно, что доверительная вероятность P только в первом приближении может служить оценкой степени доверия к результату измерений. Это первое приближение определяется рядом ограничений, в частности, условиями организации

процесса измерения, обеспечивающими уверенность в том, что все установленные требования соблюдены. С позиций классического системного анализа алгоритмически процесс получения значения результата измерений может быть сведен двум основным этапам:

- 1) выявление и структуризация влияющих на измеряемый параметр качества продукции факторов, точнее на его неопределенность;
- 2) планирование и организация измерительного эксперимента, сбор, преобразование, анализ и обработка измерительной информации.

Естественно, простота алгоритма обманчива. На каждый из этапов накладываются ограничения, связанные с целым рядом обстоятельств.

Этап 1. Решаемая задача – разработка процессной модели измерения

Данный этап является наиболее критичным с позиций степени доверия к результатам измерений, поскольку часто основан на использовании менее затратного квалитметрического аппарата при оценивании значимости источников изменчивости. В метрологической практике разработан целый ряд методов и приемов, облегчающих выявление и поиск данных источников:

- рекомендации классической теории погрешностей по группированию в инструментальную, методическую, субъективную, а также обусловленную изменением условий измерения составляющие (ГОСТ 8.009, ГОСТ 8.010, РМГ 29-99, Р 50.2.038);
- список факторов в концепции неопределенности, начиная с «а» – «неполного определения измеряемой величины», и заканчивая «j» – «изменениями в повторных наблюдениях измеряемой величины при явно одинаковых условиях»;
- причинно-следственные диаграммы, в которых источники неопределенностей результата измерения приписываются различным частям измерительной системы, например, S.W.I.P.E. (Эталон. Деталь. Измерительный прибор. Человек. Процедура и Окружающая среда),

P.I.S.M.O.E.A.(Деталь. Измерительный прибор. Эталон. Метод. Оператор. Окружающая среда. Допущения);

- методические указания ЕВРАХИМ СИТАК по четырехэтапному анализу составляющих суммарной неопределенности с наличием обратной связи;
- перечисление наиболее «значимых» факторов в эмпирическом подходе по СТБ ИСО 5725-2: оператор, используемое оборудование, калибровка оборудования, условия окружающей среды (температура, влажность, загрязнение воздуха и т.д.), время, проходящее между измерениями.

Из перечисленных подходов лишь последний дает рекомендации относительно конкретных условий формирования интервала охвата–повторяемости, воспроизводимости и промежуточной прецизионности.

Все приведенные методы относятся к категории так называемых «простых» методов, которые в условиях все возрастающих требований к степени доверия к результатам измерений (испытаний) уже не могут обеспечить должного уровня чувствительности.

Решение данной проблемы следует искать в основах системного подхода, в частности, в обеспечении критерия полноты информации для формирования и принятия эффективного решения. Данная задача обеспечения полноты множества факторов является прерогативой системы сбора и анализа данных, моделирование которой ставит своей целью получение информации адекватной действительному состоянию процесса. Инструментом достижения критерия полноты, очевидно, является корректная модель процесса измерения, которая, как и в случае с организационной составляющей, объективно обеспечивает прозрачность в понимании механизма идентификации влияющих факторов, является необходимым условием обеспечения доверия к результату измерения. Укрупненно модель процесса измерения представлена на рис. 1.8.

Корректная модель процесса измерения является основой цельной методологии моделирования измерительного канала, ориентированной, с одной стороны, на полный жизненный цикл измерения, а с другой стороны, на конечные цели измерения.

Ориентирование на полный жизненный цикл измерения предполагает, что корректно построенная на первом этапе функциональная модель, описывающая структуру, взаимосвязи и взаимодействия процессов преобразования измерительной информации на всем протяжении измерительного канала, формирует структуру модели измерительного канала (см. рис. 1.8). Последняя, в свою очередь, являясь своего рода скелетом модели количественной оценки рассеяния результата измерения, обеспечивает выполнение критерия полноты информации.

Этап 2. Решаемая задача – создание модели измерительного канала на основе модели процесса измерения

Так, если измерения являются частью контроля, то конечным результатом будет заключение о соответствии (несоответствии) объекта по рассматриваемому параметру; применительно к испытаниям – оценка состояния объекта; в диагностике – технический диагноз и т.д. Таким образом, окончательная модель измерения и результата формируется исходя из конечной цели измерений. Ориентирование на конечные цели измерений при построении модели измерительного канала позволяет регламентировать процесс выявления и учета вкладов источников изменчивости по всему жизненному циклу измерения. Процессная модель измерения, отрабатывая критерий полноты измерительной информации, обеспечивает возможность идентификации источников изменчивости практически до бесконечности (смотри этап 1, рис. 1.8, *a*).

Формирование доверительного интервала результата измерений является своего рода компромиссом между затрачиваемыми ресурсами и получаемой на выходе канала точностью результата. Трудоемкость измерений, прежде всего, определяется множеством оцениваемых факторов,

рациональность которого определяется, в свою очередь, критерием избыточности. Задача обеспечения избыточности множества факторов является ключевой в повышении эффективности измерений.

Организационное решение задачи достижения максимальной эффективности процесса измерения по критерию «точность/трудоемкость» (избыточность оцениваемых факторов) при заданной степени доверия может быть достигнуто через обратную связь между входами и выходами модели измерительного канала, что позволяет осуществлять активное управление измерительным процессом, основываясь на принципе необходимости и достаточности затрачиваемых ресурсов: методов получения данных, применяемых технических средств, человеческих ресурсов, процедур обработки данных.

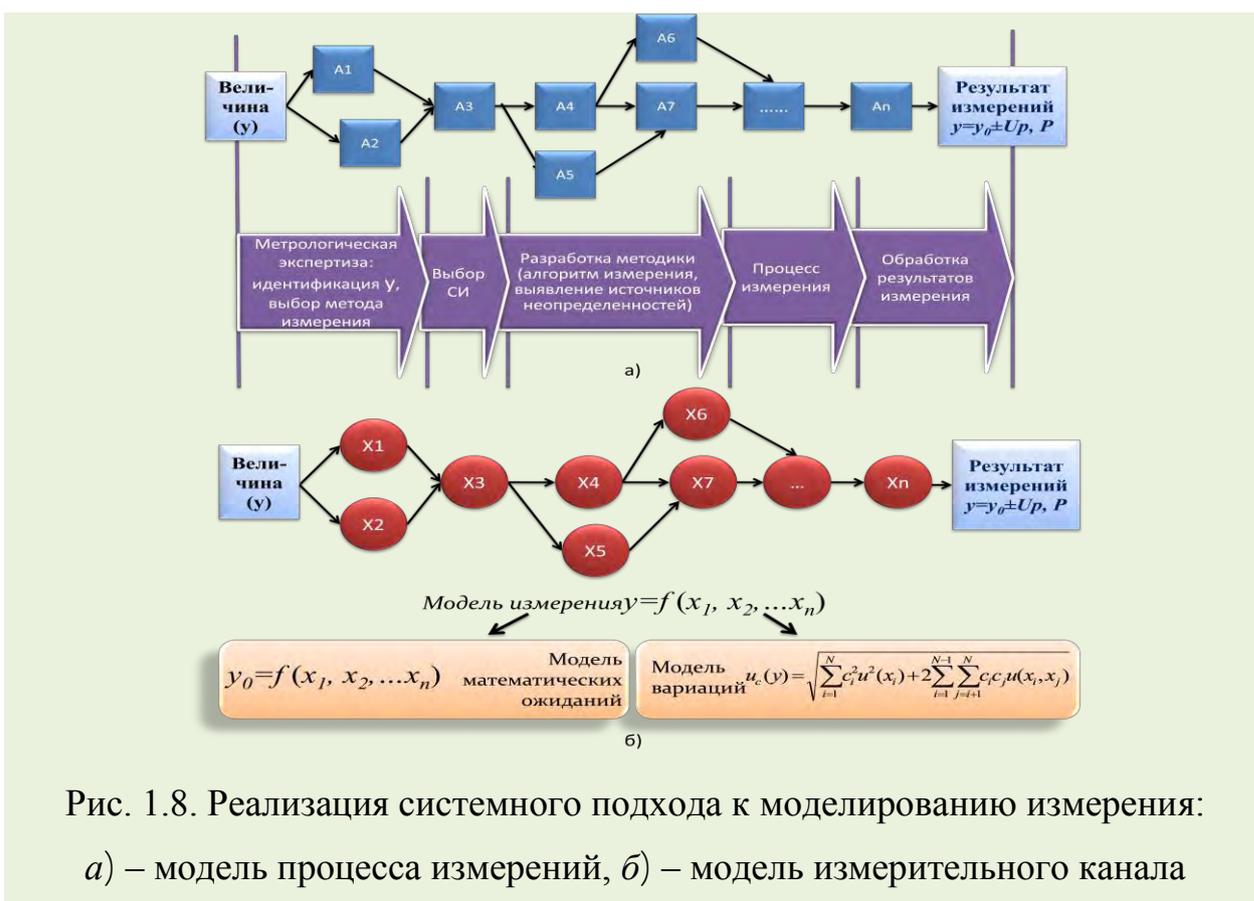


Рис. 1.8. Реализация системного подхода к моделированию измерения:

а) – модель процесса измерений, б) – модель измерительного канала

Анализ проблемы обеспечения заданной степени доверия к результатам измерений с учетом приведенных выше ограничений, позволил сделать вывод, что модель измерительного канала в общем случае не является однородной. Наиболее рациональной нами принята двухуровневая

структура модели измерительного канала, приведенная в табл. 1.1. Иерархическая структура модели измерительного канала позволяет решать метрологическую задачу, применяя принцип стратификации– поэтапно.

Пример: решение задачи планирования измерения может выглядеть следующим образом. В зависимости от конечных целей измерений выбирается одна из трех моделей второго уровня. Для выбранного варианта модели формулируются требования к точности оценки величины A , что можно считать исходными данными для полного определения этой модели. В свою очередь, модель второго уровня однозначно определяет модель первого уровня как модель единичного измерительного канала. Практически реализация моделирования заключается в построении физической и математической моделей объекта измерений, спецификации измеряемой величины, формулировке измерительной задачи, планировании и организации эксперимента с позиций «опережающей точности» и ресурсных затрат, разработке математической модели измерения (модели математических ожиданий и рассеяния) и ее анализе, определении интервала охвата результата измерений, принятие решения.

Таблица 1.1– Двухуровневая структура модели измерительного канала

Модель	Сущность	Реализация модели, область применения
I уровень		
Модель единичного измерительного канала	$Y = Y_0 \pm U, P$	Назначение– найти значение величины Y в виде интервала охвата с заданным уровнем достоверности; Типичный вид измерений– прямые; Область применения: все модели второго уровня

Окончание таблицы 1.1

Модель	Сущность	Реализация модели, область применения
II уровень		
Модель присвоения (идентификации)	$A = Y \in Y_0 \pm U$	Назначение измерительного канала – определить значение величины A ; Область применения: прямые измерения в научных исследованиях, определение значений констант, дискретная (точечная) градуировка, калибровка средств измерений и т.д.
Модель сравнения	$[Y_{\min}] \leq A = Y \leq [Y_{\max}]$	Назначение измерительного канала – определить путем сравнения, факт принадлежности значения величины A заданному диапазону значений. Область применения: <ul style="list-style-type: none"> • все виды контроля и испытаний, • аттестация, поверка, калибровка средств измерений, • верификация, валидация результатов и методов измерений и т.д.
Модель взаимосвязи	$A = f(Y_i \in Y_{i0} \pm U_i)$	Назначение измерительного канала – определить значение величины A косвенно, через функцию связи f с одним или группой значений величин Y_i – результатов реализаций единичных измерительных каналов. Область применения: <ul style="list-style-type: none"> • косвенные измерения, использующие неоднородные единичные измерительные каналы, например, измерение силы тока с использованием закона Ома через измерения значений напряжения и сопротивления цепи, • косвенные измерения, использующие однородные единичные измерительные каналы, например, измерение отклонения от плоскостности поверхности детали

Предлагаемый подход нашел свое отражение в ряде нормативных документов для решения частных типовых измерительных задач. Например, частично модель присвоения в контексте теории погрешностей проработана в ГОСТ 8.207, МИ 1317, а в контексте концепции неопределенностей – в GUM. Применительно к испытаниям модель сравнения достаточно полно прописана в СТБ ИСО 5725. В зависимости от различных условий реализации испытаний (условий повторяемости, промежуточной прецизионности и воспроизводимости), которые рассматриваются как исходные данные и должны определяться договором, контрактом или требованием ТНПА, приведены модели математического ожидания и вариации результата, методика планирования и организации измерительного эксперимента, методика обработки измерительной информации, критерии оценки. Модель взаимосвязи для целей химического и спектрального анализа регламентирована GUM и СТБ ISO 21748. Обоснована необходимость разработки системного подхода к моделированию измерений с целью обеспечения заданного уровня доверия к их результатам. Предложена реализация системного подхода в виде линейки моделей: модели процесса измерений и комплексной модели измерительного канала. Последняя, в свою очередь, имеет двухуровневую структуру, что позволяет упорядочить методы планирования, сбора, обработки и анализа измерительной информации и подходы к описанию результата измерений. При этом модель первого уровня, являющаяся основой методологии метрологического моделирования, формируется для каждой входной величины исходя из области применения измерений (модель второго уровня) и принципа «опережающей» точности с учетом критерия минимизации затрат ресурсов измерительной лаборатории. Модель второго уровня включает также решение вопросов организационного характера: при контрактных условиях заказчик и исполнитель должны согласовать эталонные значения величин, условия прецизионности и способы обработки

измерительной информации. Основное преимущество предлагаемого подхода заключается в том, что он на основе принципов системного и процессного подходов, а также критериев полноты и избыточности обеспечивает доказательную базу для оценки степени доверия к результату измерений.

2 ВИДЫ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ПРОДУКЦИИ

2.1 Систематизация видов контроля по основным признакам

Согласно ГОСТ 16504 различают виды контроля, представленные в табл. 2.1, которые далее рассмотрены подробно.

Таблица 2.1 – Виды контроля продукции

Признак вида контроля	Вид контроля
Стадия создания и существования продукции	Производственный
	Эксплуатационный
Этап процесса производства	Входной
	Операционный
	Приемочный
	Инспекционный
Полнота охвата контролем	Сплошной
	Выборочный
	Летучий
	Непрерывный
	Периодический
Влияние на объект контроля	Разрушающий
	Неразрушающий
Применение средств контроля	Измерительный
	Регистрационный
	Органолептический
	Визуальный
	Технический осмотр

2.2 Виды контроля по стадиям создания и существования продукции и этапам процесса производства

2.2.1 Производственный контроль

Согласно ГОСТ 16504 *производственный контроль* – контроль, осуществляемый на стадии производства. Производственный контроль, как правило, охватывает все вспомогательные, подготовительные и технологические операции. *Производственный цикл* (ГОСТ 14.004) – интервал времени от начала до окончания производственного процесса изготовления или ремонта изделия. Производственный контроль включает в себя: входной, операционный (активный и пассивный), готовой продукции (приемочный, инспекционный, летучий), хранения, транспортирования.

Помимо производственного и эксплуатационного различают *контроль готовой продукции* и *контроль утилизации*.

2.2.1.1 Входной контроль

Согласно ГОСТ 24297 *входной контроль* – контроль продукции поставщика, поступившей к потребителю или заказчику, и предназначенный для использования при изготовлении, ремонте или эксплуатации продукции.

Входной контроль проводят на предприятиях (в объединениях) и в организациях, разрабатывающих и изготавливающих промышленную продукцию, а также осуществляющих ее ремонт. Входной контроль проводят с целью предотвращения запуска в производство продукции, не соответствующей требованиям конструкторской и нормативно-технической документации, договоров на поставку и т.д. (далее – установленным требованиям).

Входной контроль проводит подразделение входного контроля, входящее в состав службы технического контроля предприятия (объединения). Основными задачами входного контроля являются:

1. проверка наличия сопроводительной документации на

продукцию, удостоверяющей качество и комплектность продукции;

2. контроль соответствия качества и комплектности продукции требованиям конструкторской и нормативно-технической документации и применения ее в соответствии с протоколами разрешения;

3. накопление статистических данных о фактическом уровне качества получаемой продукции и разработка на этой основе предложений по повышению качества и, при необходимости, пересмотра требований НТД на продукцию;

4. периодический контроль за соблюдением правил и сроков хранения продукции поставщиков.

Входной контроль осуществляют согласно требованиям и методам, установленным в НТД на контролируруемую продукцию, договорах на ее поставку и протоколах разрешения. Номенклатуру продукции, контролируемые параметры (требования), вид контроля и объем выборки или пробы определяют, исходя из стабильности качества продукции поставщиков, степени освоения новых видов продукции, важности данного параметра (требования) для функционирования выпускаемой продукции, и устанавливают в перечне продукции, подлежащей входному контролю.

Разделы перечня разрабатывают конструкторские службы предприятия (по изделиям, предназначенным для комплектации) или технологические службы (по сырью, материалам и полуфабрикатам). Перечни продукции, подлежащей входному контролю, согласовывают с ОТК, метрологической службой, а также с заказчиком и утверждают:

- главный конструктор предприятия-разработчика– при разработке опытных образцов продукции;
- главный инженер предприятия-потребителя– при производстве и ремонте.

Перечень продукции, подлежащей входному контролю, должен содержать пункты:

- 1) наименование, марку (чертежный номер) и тип контролируемой

продукции;

- 2) обозначение НТД, требованиям которой должна соответствовать продукция (реквизиты договора на поставку или протокола разрешения);
- 3) контролируемые параметры (требования) или пункты НТД (договора, протокола разрешения), в которых они установлены;
- 4) вид контроля, объем выборки или пробы, контрольные нормативы, правила приемки;
- 5) средства измерений и их характеристики;
- 6) гарантийный срок;
- 7) указания о маркировке (клеймении) продукции по результатам входного контроля;
- 8) допустимый расход ресурса при входном контроле (расход ресурса должен быть минимальным).

При необходимости в перечень допускается включать требования или указания, отражающие особенности продукции.

С учетом особенностей выпускаемой продукции разрабатываются стандарты организации (СТП)– например, «Входной контроль металлических материалов», «Технологическая инструкция входного контроля металлических материалов» и др. Объем и виды входного контроля устанавливаются в соответствии с НТД и техническими условиями на выпускаемую продукцию. При необходимости потребитель может проводить дополнительные проверки продукции, не предусмотренные установленными требованиями. Объем и методы проверок согласовываются между потребителем и поставщиком.

При входном контроле допускается проводить испытания комплектующих изделий в условиях и режимах, предусмотренных НТД, при этом в перечне продукции, подлежащей входному контролю, должны быть соответствующие указания. Технологическую документацию на процессы входного контроля разрабатывают технологические службы предприятия по согласованию с ОТК, а также с представительством заказчика. Утверждает

данную технологическую документацию главный инженер предприятия. Решение об ужесточении, ослаблении или отмене входного контроля принимает потребитель по согласованию с представительством заказчика на основе результатов входного контроля за предшествующий период или результатов эксплуатации (потребления) продукции.

Входной контроль необходимо проводить в специально отведенном помещении (участке), оборудованном необходимыми средствами контроля, испытаний и оргтехники, а также отвечающем требованиям безопасности труда.

Рабочие места и персонал, осуществляющий входной контроль, должны быть аттестованы в установленном порядке. Для проведения испытаний, проверок и анализов, связанных с входным контролем, продукция может быть передана в другие подразделения предприятия (лаборатории, контрольно-испытательные станции и др.).

К входному контролю допускается продукция, принятая ОТК, представительством заказчика, предприятия-поставщика и поступившая с сопроводительной документацией, оформленной в установленном порядке. При проведении входного контроля необходимо:

- 1) проверить сопроводительные документы, удостоверяющие качество и количество продукции, и зарегистрировать продукцию в журналах учета результатов входного контроля;
- 2) проконтролировать отбор складскими работниками выборок или проб, проверить комплектность, упаковку, маркировку, внешний вид и заполнить акт отбора выборок или проб;
- 3) провести контроль качества продукции по технологическому процессу входного контроля или передать в соответствующее подразделение выборки или пробы для испытаний (анализов).

Подразделение, получившее на испытания (анализ) выборки или пробы, проводит испытания в установленные сроки и выдает подразделению входного контроля заключение о соответствии испытанных выборок или

проб установленным требованиям. Результаты испытаний или анализов (физико-механических свойств, химического состава, структуры и т.п.) должны быть переданы в производство вместе с проверенной продукцией. В производство должна передаваться принятая по результатам входного контроля продукция с соответствующей отметкой в учетных или сопроводительных документах. Допускается маркировка (клеймение) принятой продукции.

Продукция, поступившая от предприятия-поставщика до проведения входного контроля, должна храниться отдельно от принятой и забракованной входным контролем. Забракованная при входном контроле продукция должна маркироваться «Брак» и направляться в изолятор брака.

По результатам входного контроля составляют заключение о соответствии продукции установленным требованиям и заполняют журнал учета результатов входного контроля. В сопроводительных документах на продукцию делают отметку о проведении входного контроля и его результатах, маркируют (клеймят) продукцию, если это предусмотрено перечнем продукции, подлежащей входному контролю. При соответствии продукции установленным требованиям подразделение входного контроля принимает решение о передаче ее в производство. При выявлении в процессе входного контроля несоответствия установленным требованиям продукцию бракуют и возвращают поставщику с предъявлением рекламации.

При неоднократном получении недоброкачественной продукции или получении ее в крупных размерах потребитель сообщает об этом в территориальный орган по месту нахождения поставщика.

По результатам входного контроля потребитель в необходимых случаях информирует о несоответствии продукции установленным требованиям министерство поставщика, представительство заказчика и (или) орган на предприятии-поставщике, а при отсутствии последнего – территориальный орган Госстандарта по месту нахождения поставщика для принятия мер в соответствии с возложенными на них функциями.

2.2.1.2 **Операционный контроль**

Операционный контроль– контроль продукции или процесса во время выполнения или после завершения технологической операции. Операционный контроль проводится в соответствии с контрольной картой, которая оформляется для каждого типа изделий.

Контрольная карта– карта, на которой для наглядности отображения состояния технологического процесса отмечают значения соответствующей регулируемой выборочной характеристики смежных выборок или проб. В контрольных картах указываются сведения:

- точки контроля и регулирования;
- контролируемые параметры и их нормы;
- критерии принятия положительного или отрицательного решения;
- методы контроля;
- объем и периодичность контроля;
- применяемые средства контроля и измерений;
- методы сбора, регистрации и обработки результатов контроля;
- корректирующие воздействия (при необходимости).

В процессе производства проводятся выборки изделий заданного объема. После этого на специально разлинованной бумаге строятся диаграммы изменчивости выборочных значений плановых спецификаций в этих выборках и рассматривается степень их близости к заданным значениям. Если диаграммы обнаруживают наличие тренда выборочных значений или оказывается, что выборочные значения находятся вне заданных пределов, то считается, что процесс вышел из-под контроля, и предпринимаются необходимые действия для того, чтобы найти причину его разладки. Иногда такие специально разлинованные бумаги называют контрольными картами Шухарта.

Данный вид контроля позволяет осуществлять контроль за соблюдением правильности прохождения изделием этапов технологического маршрута, а также соответствие его геометрических параметров (линейные, угловые размеры, форма и расположение поверхностей, осей, деталей, узлов, агрегатов), технической документации. Также сюда входит контроль механических свойств (характеристика прочности, выносливости и пластичности материалов), после проведения термической и химико-термической обработки; контроль признаков качества соответствия величины сварных швов, чистоты поверхности перед покраской.

Контроль точности технологических процессов направлен на определение величины приближения действительных показателей процессов к их номинальным значениям. Целью контроля точности технологических процессов является получение информации, необходимой для их регулирования:

- оценка точности и стабильности технологических процессов;
- определение соответствия точных характеристик оборудования нормам точности, установленным в НТД.

Контроль точности технологических процессов проводится как на стадии подготовки производства, так и в процессе установившегося производства при:

- вводе нового или отремонтированного, замене или модернизации технологического оборудования;
- аттестации продукции;
- проведение плановой проверки технологического процесса.

При оценке точности технологических процессов в протоколах измерения фиксируются значения измеренного параметра, изменения и перерывы технологического процесса. Точность технологического процесса оценивается величиной отклонения действительного значения параметра от номинального и коэффициентами точности и стабильности,

а также процентом сдачи продукции с первого предъявления, процентом возврата из цехов потребителей и процентом рекламации и брака.

Проведением контроля точности выявляются факторы, которые приводят к нарушению точности технологического процесса, устанавливается значимость влияния различных причин на точность технологического процесса. В условиях серийного производства контроль точности технологических процессов механической обработки проводится ГОСТ 27.202 устанавливает технические требования к методам оценки надежности технологических систем по параметрам качества изготавливаемой продукции в отраслях машиностроения и приборостроения при технологической подготовке производства, а также при разработке и внедрении мероприятий по совершенствованию действующих технологических процессов и операций. Классификация типов контрольных карт часто осуществляется согласно типам величин, которые выбраны для отслеживания характеристик качества. Так, различают контрольные карты для непрерывных переменных и контрольные карты по альтернативному признаку. В частности, для контроля по непрерывному признаку обычно строятся следующие контрольные карты:

- *X-карта* (рис. 2.1). На эту контрольную карту наносятся значения выборочных средних для того, чтобы контролировать отклонение от среднего значения непрерывной переменной (например, диаметров поршневых колец, прочности материала и т.д.).

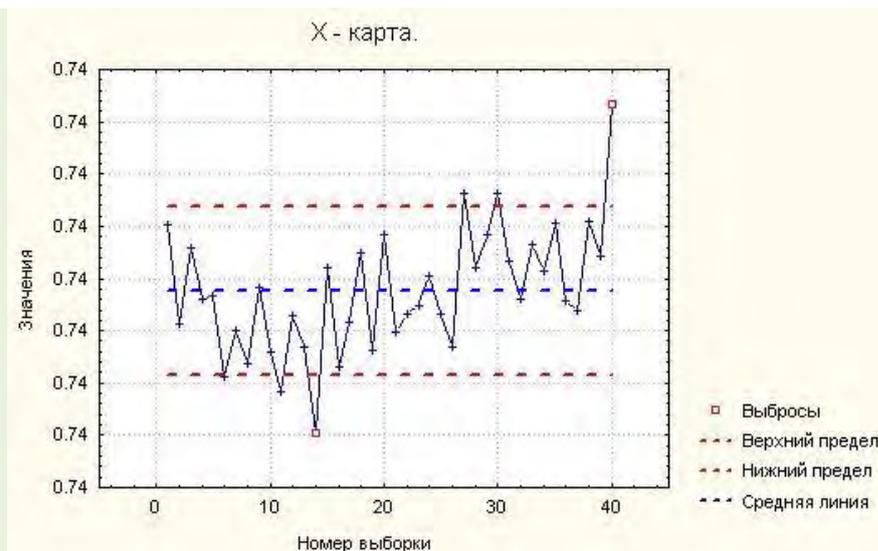


Рис. 2.1. X-карта

- *R-карта* (рис. 2.2). Для контроля за степенью изменчивости непрерывной величины в контрольной карте этого типа строятся значения размахов выборок.

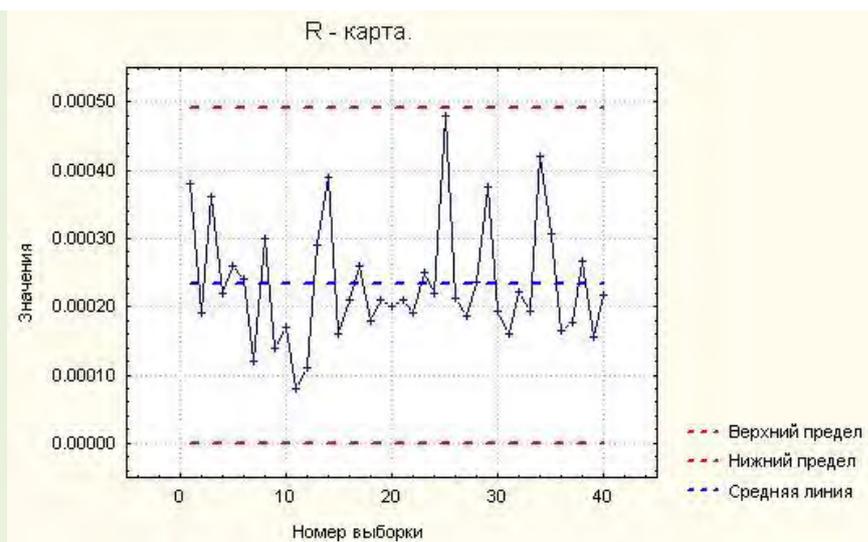


Рис. 2.2. R-карта

- *S-карта*. Для контроля за степенью изменчивости непрерывной переменной в контрольной карте данного типа рассматриваются значения выборочных стандартных отклонений.

- *S²-карта*. В контрольной карте данного типа для контроля изменчивости строится график выборочных дисперсий.

Для контроля качества продукции по альтернативному признаку обычно применяются следующие типы контрольных карт:

- *C-карта* (рис. 2.3). В таких контрольных картах строится график числа дефектов (в партии, в день, на один станок, в расчете на 100 футов трубы и т.п.). При использовании карты этого типа делается предположение, что дефекты контролируемой характеристики продукции встречаются сравнительно редко, при этом контрольные пределы для данного типа карт рассчитываются на основе свойств распределения Пуассона (распределения редких событий).

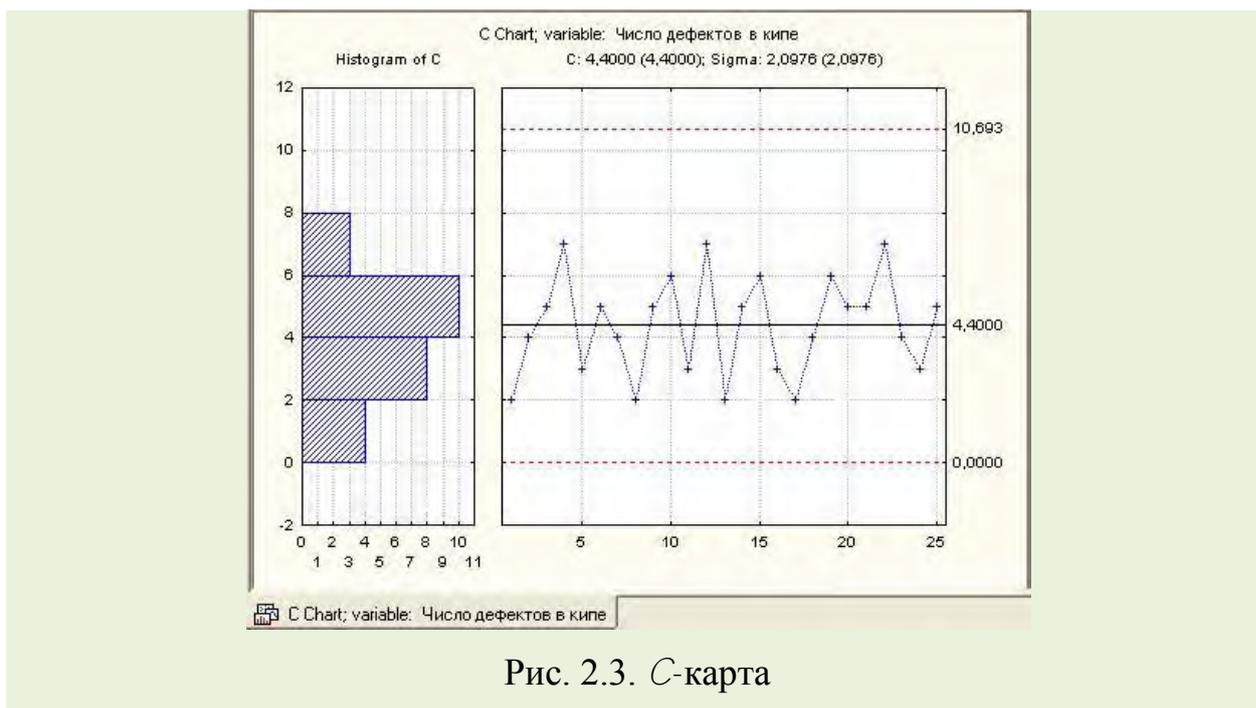


Рис. 2.3. *C-карта*

- *Зоны A, B, C* (рис. 2.4). Обычно для задания критериев поиска серий область контрольной карты над центральной линией и под ней делится на три «зоны».

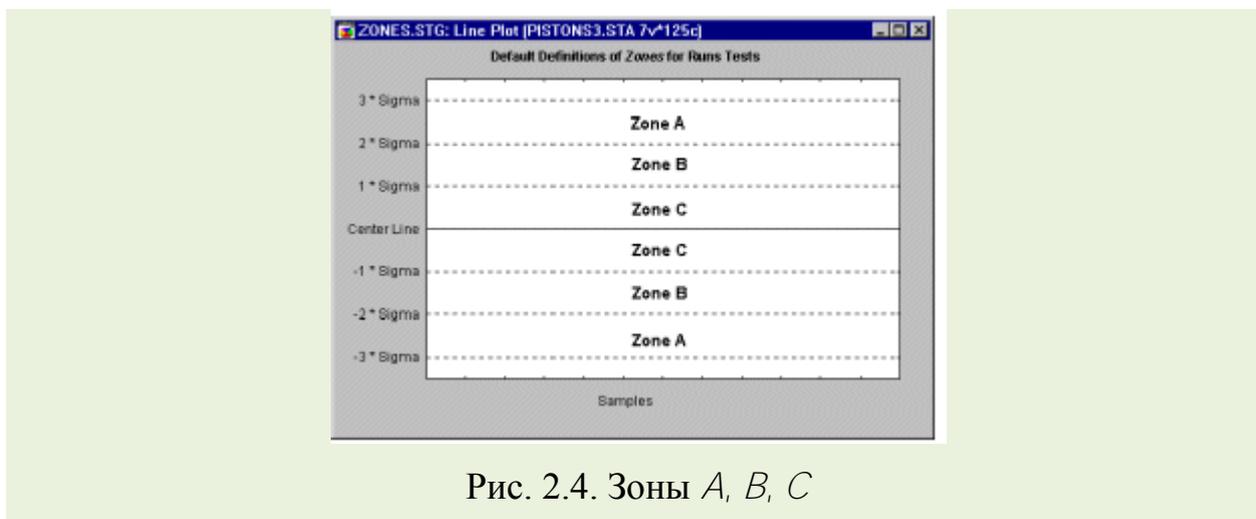


Рис. 2.4. Зоны *A, B, C*

По умолчанию, зона А определяется как область, расположенная на расстоянии от 2 до 3 сигма по обе стороны от центральной линии. Зона В определяется как область, отстоящая от центральной линии на расстояние от 1 до 2 сигма, а зона С – как область, расположенная между центральной линией по обе ее стороны и ограниченная прямой, проведенной на расстоянии одной сигма от центральной линии.

- **Операционные характеристики (ОХ — кривые)** (рис. 2.5). Стандартные карты контроля качества обычно дополняются графиком, который носит название операционная характеристика (ОХ-кривая). При использовании стандартных контрольных карт для непрерывных переменных или для дискретных переменных возникает вопрос: насколько чувствительна используемая процедура контроля качества? Точнее говоря, какова вероятность не обнаружить выборочную точку анализируемой характеристики (например, среднего значения на X-карте) вне контрольных пределов (т.е. посчитать процесс производства текущим «в нормальном режиме»), когда, на самом деле, произошел сдвиг процесса на некоторую величину? Обычно эту вероятность называют вероятностью бета-ошибки (β). Таким образом, β – это вероятность ошибочно принять, что процесс (его характеристики – среднее значение, средняя процентная доля, средняя частота обнаружения дефектов и т.д.) находится в нормальном режиме. Необходимо отметить, что понятие операционной характеристики относится к вероятностям принятия ошибочного решения только для критериев, связанных с выходом выборочной точки за контрольные пределы, а не для рассмотренных выше критериев серий.

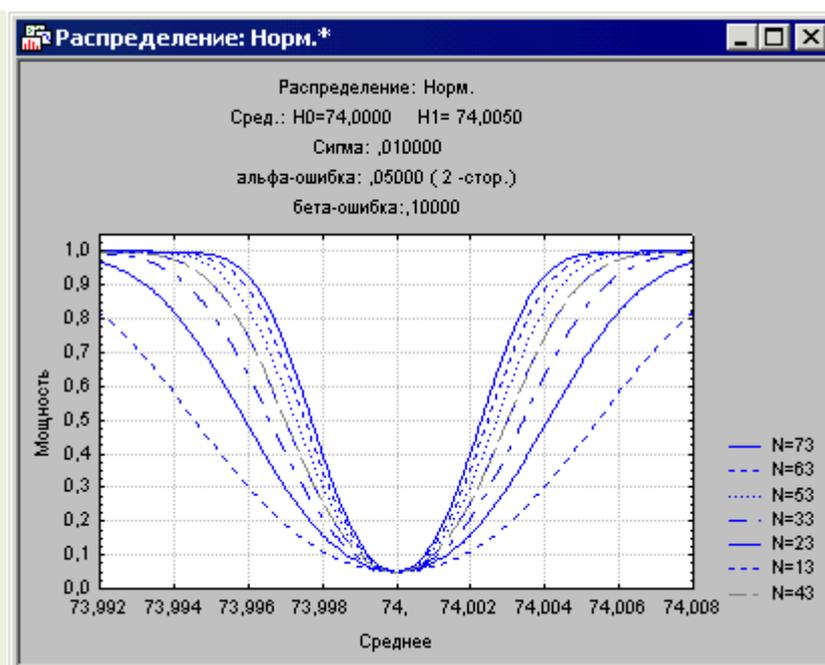


Рис. 2.5. Операционные характеристики

Кривые операционных характеристик оказываются исключительно полезным средством при оценивании мощности применяемой процедуры контроля качества. На практике решение об установлении объема контрольных выборок должно опираться не только на стоимость выполнения контрольной операции (т.е. на расходы в расчете на одно включенное в выборку изделие), но также на затраты, которые повлечет за собой не обнаруженное ухудшение качества. С помощью ОХ-кривых инженер может оценить вероятности необнаружения отклонений качества контролируемой продукции на определенную величину.

- **Контрольная карта T^2 Хотеллинга** (рис. 2.6). Когда исследуется несколько взаимосвязанных характеристик качества (заданных в виде нескольких переменных), для всех средних значений можно построить общий график, воспользовавшись для этого многомерной статистикой Хотеллинга T^2 .

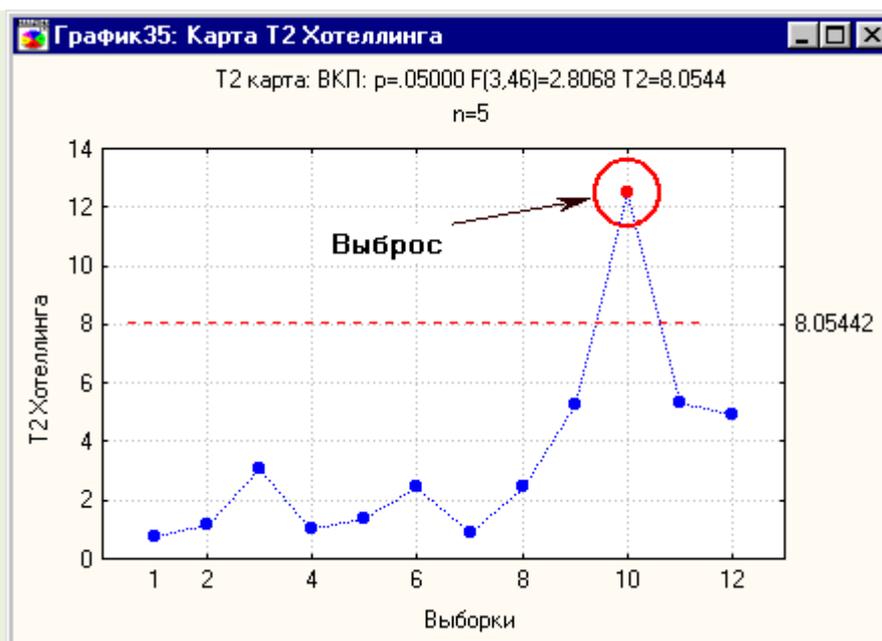


Рис. 2.6. Контрольная карта T^2 Хотеллинга

- **Контрольная карта накопленных сумм (CUSUM-карта)** (рис. 2.7). Контрольная карта типа CUSUM была впервые предложена в работе Page (1954). Обсуждение использующихся при ее построении математических принципов можно найти в работах Ewan (1963), Johnson (1961), а также Johnson and Leone (1962).

Если строить график накопленной суммы отклонений от плановых спецификаций для следующих друг за другом выборочных средних, то даже малые постоянные сдвиги среднего значения процесса постепенно приведут к накоплению ощутимой суммы отклонений. Поэтому данный тип контрольных карт особенно хорошо подходит для обнаружения малых постоянных сдвигов процесса, которые могут оказаться незамеченными при применении \bar{X} -карты. Например, когда из-за износа оборудования процесс медленно «выскальзывает» из-под контроля, в результате чего размеры изделий превышают плановые спецификации (или становятся ниже их), при применении контрольной карты данного типа будет получен монотонно растущий (или снижающийся) график накопленной суммы отклонений от плановых спецификаций.

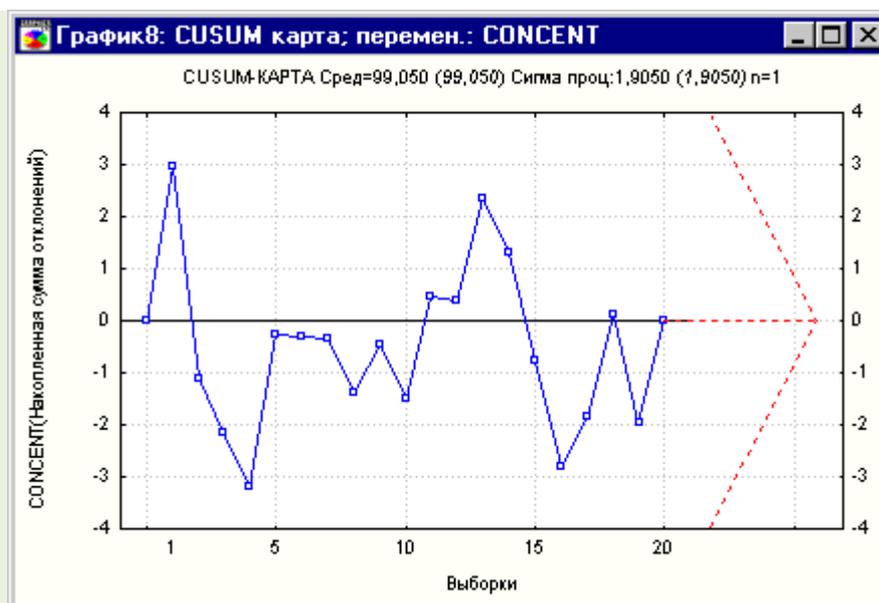


Рис. 2.7. Контрольная карта накопленных сумм

Для установления контрольных пределов в CUSUM-картах в работе Barnhard (1959) было предложено использовать так называемую *V-маску*, которая наносится на график после построения точки для последней выборки (самой правой точки на графике). Можно считать, что *V-маска* представляет собой верхний и нижний контрольный пределы для накопленных сумм. Однако, вместо того, чтобы быть параллельными центральной линии, эти прямые сходятся под определенным углом вправо, образуя в результате фигуру, похожую на лежащую букву *V*. Если график накопленной суммы пересекает любую из линий маски, то процесс считается вышедшим из-под контроля.

- **Контрольная карта скользящего среднего (MA-карта)** (рис. 2.8).

Возвращаясь к примеру с размером поршневых колец, предположим, что наибольший интерес для инженера по контролю качества представляет обнаружение малых трендов последовательных выборочных средних.

Пример— необходимо обнаружить износ оборудования, который приводит к медленному, но постоянному ухудшению качества (т.е. отклонению размеров изделий от требований плановой спецификации). Одним из способов отслеживания таких трендов и обнаружения незначительных постоянных сдвигов среднего значения процесса является

построение описанной выше CUSUM-карты. Другой способ состоит в использовании одной из схем установления весов данных, согласно которой осуществляется суммирование нескольких средних. При движении такого взвешенного среднего вдоль выборочных точек получается контрольная карта скользящего среднего.

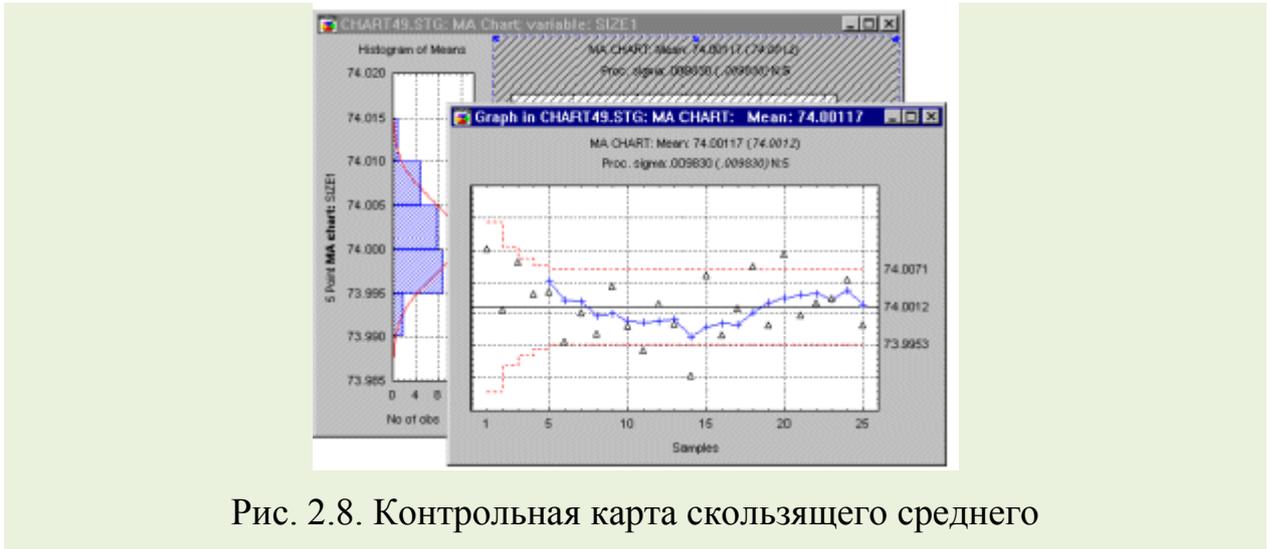


Рис. 2.8. Контрольная карта скользящего среднего

- **Регрессионные контрольные карты** (рис. 2.9). Иногда может понадобиться обнаружить взаимосвязь между двумя различными параметрами производственного процесса. Например, руководство почтовой организации может захотеть узнать, сколько человеко-часов тратится на обработку некоторого объема корреспонденции. Эти две анализируемые переменные должны быть приблизительно линейно связаны друг с другом. Тогда эту взаимосвязь можно описать с помощью широко известного коэффициента корреляции *Пирсона r*. На регрессионной контрольной карте строится линия регрессии, которая выражает линейную взаимосвязь между двумя рассматриваемыми переменными. На карту также наносятся точки данных для всех наблюдений. Вокруг линии регрессии строится доверительный интервал, в который должна попадать определенная доля выборки (например, 95 %). Присутствие выбросов на этом графике будет свидетельствовать о том, что для некоторых выборок не соблюдается общая тенденция взаимосвязи, которая характерна для рассматриваемых переменных.

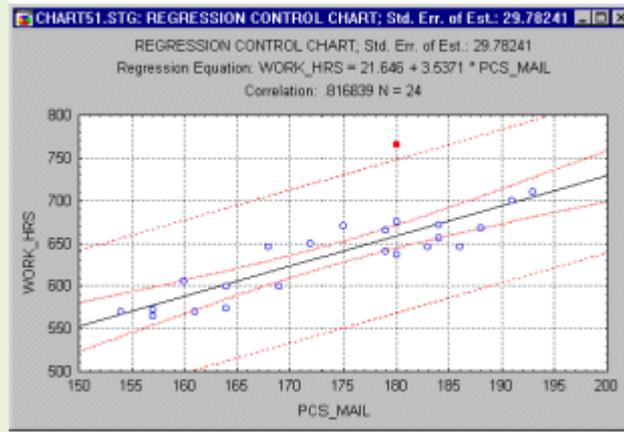


Рис. 2.9. Регрессионные контрольные карты

- **Контрольные карты Парето** (рис. 2.10). На практике оказывается, что равномерное распределение нарушения качества на различных стадиях производственного процесса или на различных предприятиях, выпускающих продукт, встречается довольно редко. Скорее, причиной большинства проблем является наличие лишь нескольких «паршивых овец в стаде». Данный принцип стал широко известен под названием *принципа Парето* и утверждает, что потери качества столь «плохо» распределены, что малое число возможных причин его ухудшения отвечает за большинство возникающих проблем. К примеру, вполне возможно, что в основном загрязнение воздуха возникает из-за относительно небольшого числа «грязных» автомобилей. Или, в большинстве компаний основное число убытков является следствием неудачи с одним или двумя выпускаемыми продуктами. Для выявления «паршивых овец в стаде» строят контрольные карты Парето.

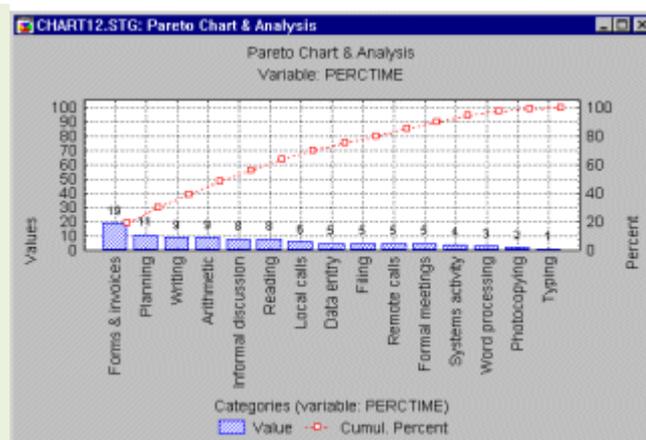


Рис. 2.10. Контрольные карты Парето

Они представляют собой гистограммы, на которых показано распределение потерь от ухудшения качества (например, в долларах) по некоторым категориям. Обычно категории – причины потери качества – приводятся в нисходящем порядке значимости (по частоте возникновения, стоимости в долларах и т.д.). Очень часто карта Парето помогает определить, на что направить усилия по улучшению качества продукта.

- **2M диаграммы размаха – Отрезки** (рис. 2.11). На диаграмме размаха такого типа диапазон (т.е. стандартная ошибка, стандартное отклонение, минимум-максимум или константа) представлен в виде отрезка (с горизонтальными черточками на обоих концах, как на показанном ниже рисунке).

- **2M диаграммы рассеяния** (рис. 2.12). Диаграмма рассеяния визуализирует зависимость между двумя переменными X и Y (например, весом и высотой). Данные изображаются точками в двумерном пространстве, где оси соответствуют переменным (X – горизонтальной, а Y – вертикальной оси). Две координаты, которые определяют положение каждой точки, соответствуют значениям двух переменных.

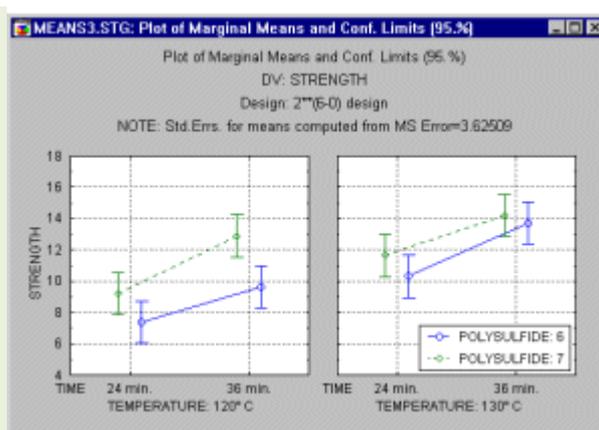


Рис. 2.11. 2M диаграммы размаха

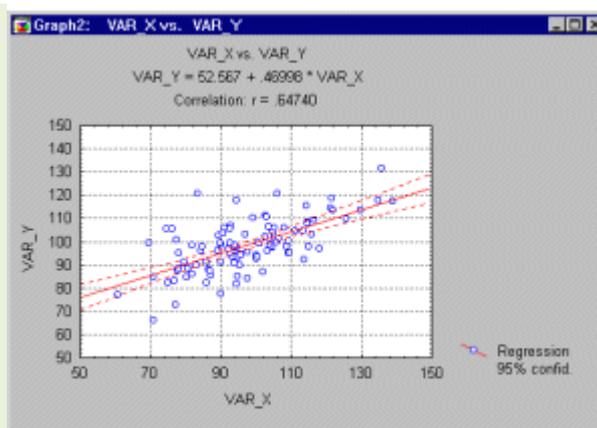


Рис. 2.12. 2М диаграммы рассеяния

- **2М диаграммы рассеяния Вороного** (рис. 2.13). Эта особая диаграмма рассеяния одной переменной является в большей степени аналитическим средством, нежели просто методом графического представления данных. Предлагаемые ею решения помогают моделировать множество явлений в естественных и социальных науках (см. Coombs, 1964 г.; Ripley, 1981 г.). Программа разделяет пространство между точками данных, представленными координатами X , Y в двумерном пространстве. Пространство между отдельными точками данных делится границами на такие области, каждая точка которых находится ближе к заключенной внутри точке данных, чем к любой другой соседней точке данных.

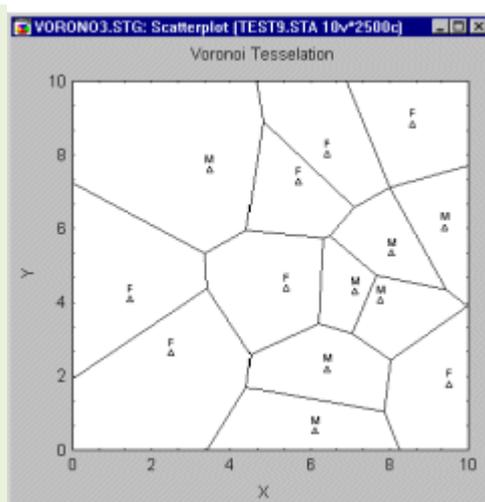


Рис. 2.13. 2М диаграммы рассеяния Вороного

- **Столбчатые диаграммы** (рис. 2.14). На столбчатой диаграмме последовательность значений представлена в виде столбцов (одному наблюдению соответствует один столбец). Если выбрано несколько

переменных, то для каждой из них будет построен отдельный график. Можно построить составную диаграмму, где все переменные будут отображены одновременно в виде групп столбцов (одна группа для каждого наблюдения).

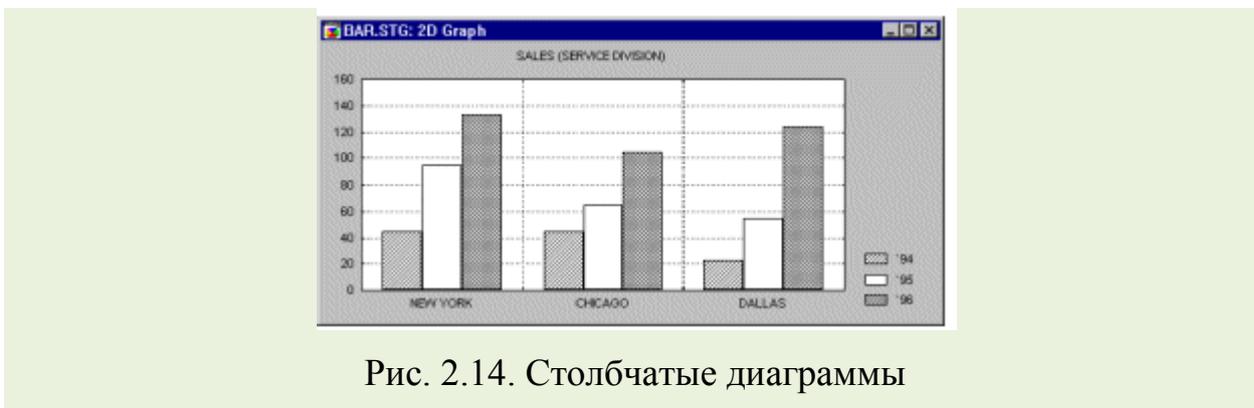


Рис. 2.14. Столбчатые диаграммы

Операционный контроль может быть пассивным (осуществляемый после окончания технологической операции, когда принимается решение о соответствии/несоответствии параметра объекта установленным требованиям, но невозможно повлиять на ход технологической операции) и активным (осуществляется в процессе выполнения технологической операции, и, следовательно, можно влиять на ее ход).

2.2.1.3 Приемочный контроль

Согласно ГОСТ 16504 **приемочный контроль** – контроль продукции, по результатам которого принимается решение о ее пригодности к поставкам и (или) использованию.

Согласно ГОСТ Р 50779.11 **приемочный контроль** – контроль для определения того, приемлема ли поставленная или предполагаемая для поставки единица или партия продукции.

Поставка продукции – исполнение обязательств поставщиком по обеспечению потребителя или заказчика продукцией. Приемочный контроль проводится службой технического контроля и (или) представителем заказчика.

2.2.1.4 **Контроль готовой продукции**

Готовая продукция– это изделия и полуфабрикаты, полностью законченные обработкой, соответствующие действующим стандартам или утвержденным техническим условиям, принятые на склад или заказчиком.

Контроль готовой продукции– контроль всех бизнес-процессов работы склада– прием и отгрузку готовой продукции, возврат продукции в производство и учет возвратов продукции от клиентов-получателей, внутрискладские перемещения, инвентаризацию, регистрацию брака, обработку случаев пересортицы и т.п.

К контролю готовой продукции относят контроль хранения, транспортирования, инспекционный, летучий.

Контроль хранения– проверка соответствия документации, условий и режимов хранения продукции установленным требованиям.

Хранение продукции– содержание продукции в месте ее размещения в соответствии с установленными правилами, предусматривающими обеспечение ее сохраняемости до использования по назначению в течение заданного срока.

Задачи контроля хранения:

- регистрация поступившего на склад товара;
- контроль отгрузки товара со склада;
- формирование отгрузочных документов (транспортных накладных, спецификаций, упаковочных листов, фактур);
- процессы устранения пересортицы и организации перемаркировки товара;
- учет рабочего времени и объема работ, выполненных складскими работниками для расчета зарплаты;
- учет транспорта, используемого для отгрузки готовой продукции;
- контроль отгрузок на экспорт (контроль веса по грузовой таможенной декларации);
- инвентаризация склада.

Основными объектами внутреннего контроля являются:

- заказ запасов;
- получение запасов;
- регистрация запасов;
- хранение запасов;
- отпуск запасов.

На стадии поступления заказа главной операцией является учет всех необходимых потребностей для более эффективной работы предприятия. Заказ поступает в отдел снабжения. Снабженцы формируют портфель заказов, и совершают следующие действия:

- поступивший заказ регистрирует в книге учета заказов из производства;
- просматривают договора с поставщиками, с которыми заключены договора на длительный срок на поставку материалов. Учитывают количество материалов, которое поступит от этих поставщиков, на недостающее количество ищут новые каналы;
- ищутся каналы перечисления денежных средств поставщикам или способы расчета с ними.

В случае предварительной оплаты материалов необходимо перечислить соответствующую сумму на счет поставщика.

Должностные лица предприятия участвующие на стадии формирования заказа:

- главный экономист;
- главный инженер;
- начальник цеха;
- начальник отдела снабжения;
- снабженец.

Документы, формируемые на стадии формирования заказа:

- план производства продукции;
- заказ материалов;

- книга учета заказов;
- договора с поставщиками;
- производственно-технические нормы.

Поступление материалов может происходить либо по железной дороге, либо автомобильным транспортом поставщика, либо самовывоз. В любом из этих случаев работник отдела снабжения должен иметь доверенность, которую предварительно получает в бухгалтерии. Каждая доверенность регистрируется в книге выданных доверенностей. У поставщика доверенность обменивается на товар, к которому прилагается соответствующие документы (накладная на отпуск, товарно-транспортная накладная, акт и др.). На заводе работник снабжения сдает документы и материалы кладовщику, который принимает их по количеству.

Должностные лица предприятия участвующие на стадии получения запасов:

- кладовщик;
- снабженец;
- бухгалтер материальной группы.

Документы, формируемые на стадии получения запаса:

- доверенность;
- накладная;
- счет фактура;
- книга регистрации счетов фактур.

После принятия материалов на склад кладовщик выписывает приходный ордер и передает его в бухгалтерию. Снабжение передает в бухгалтерию счет фактуру, на основании которой закрывается доверенность. Бухгалтер проверяет соответствие данных приходного ордера со счет фактурой. Регистрация счетов фактур происходит в реестре за соответствующий месяц по поступившим материалам. Затем бухгалтер вносит данные счета и приходного ордера в компьютер для регистрации поступления материалов.

Должностные лица предприятия участвующие на стадии регистрации запасов:

- снабженец;
- кладовщик;
- бухгалтер материальной группы.

Документы, формируемые на стадии регистрации запасов:

- приходный ордер;
- счет фактура;
- реестр.

Все запасы хранятся в специально отведенных местах. Одной из главных целей общей системы внутреннего контроля, организованной администрацией, является предупреждение уменьшения средств в результате каких-либо причин. Эффективные способы борьбы с неэкономным расходом или небрежным хранением запасов состоят в следующем:

- требуемое количество материалов определяется точно, а не приблизительно;
- подобран квалифицированный персонал, отвечающий за отпуск материалов, квалифицированный производственный персонал;
- на складе только точное измерительное оборудование.

Для предотвращения случаев потерь запасов по причине устаревания, порчи, случайной гибели проводятся следующие меры:

- создана система пожарной сигнализации и приобретено пожарное оборудование;
- создана специальная температура для хранения цемента и песка;
- проверяется срок годности материалов и готовой продукции;
- регулярно подсчитываются израсходованные материалы для выявления устаревших, ненужных или излишних товарно-материальных ценностей;
- регулярно проводится проверка наличия ценностей, т.е. инвентаризация.

Должностные лица предприятия, участвующие на стадии хранения запасов:

- кладовщик;
- начальник цеха;
- охранник.

Документы, формируемые на стадии хранения запасов:

- инвентаризационные описи;
- сличительная ведомость;
- ведомость по счету.

Отпуск материалов со склада осуществляется на основании требования на отпуск материалов. Для получения требования начальник цеха пишет заявку, утверждает ее у главного инженера. С требованием начальник цеха идет к кладовщику, который отпускает ему материалы, забирает при этом требование. В конце месяца кладовщик составляет отчет и прикладывает к нему приходные ордера и требования, а начальник цеха также составляет отчет, прикладывая требования и акт на списание материалов. После того, как кладовщик отпустил материалы со склада, они поступают в цех, откуда непосредственно в производство. На расход материалов из цеха составляется акт на списание материалов, который утверждается главным инженером и членами постоянно действующей комиссии.

В случае продажи материалов на сторону кладовщик отпускает их на основе расходной накладной. Расход горюче-смазочных материалов (ГСМ) происходит по специальным заявкам, которые подписывает генеральный директор.

Должностные лица предприятия участвующие на стадии отпуска запасов:

- бухгалтер материальной группы;
- кладовщик;
- начальник цеха;
- главный инженер.

Документы, формируемые на стадии отпуска запасов:

- требование;
- заявка на получение материалов;
- материальный отчет;
- акт на списание материалов;
- заявка на получение ГСМ;
- акт на списание ГСМ;
- производственно-технический отчет.

Упакованная в производственных цехах готовая продукция попадает на склад. При поступлении на склад готовая продукция сканируется стационарными сканерами; таким образом, система регистрирует приход товара на склад. Далее продукция либо складировается, либо сразу загружается в транспортные средства (вагоны, контейнеры, автомашины, теплоходы). Отделом сбыта в системе формируется «распоряжение на отгрузку», которое является основанием для отгрузки товара со склада.

На основании данного распоряжения осуществляется количественный и качественный контроль загрузки готовой продукции в транспортное средство (рис. 2.15).

Одним из особенностей процесса отгрузки является то, что она может осуществляться как по четко сформированному «распоряжению на отгрузку» (четкое соответствие продукции и вагона), так и по распоряжению с более расплывчатыми параметрами (например, рулоны любой из указанных марок, заданных формата и диапазона диаметров могут быть загружены в данный вагон).

Система «Склад готовой продукции» (далее – Система) также осуществляет контроль загружаемой в контейнер продукции по допустимому весу.

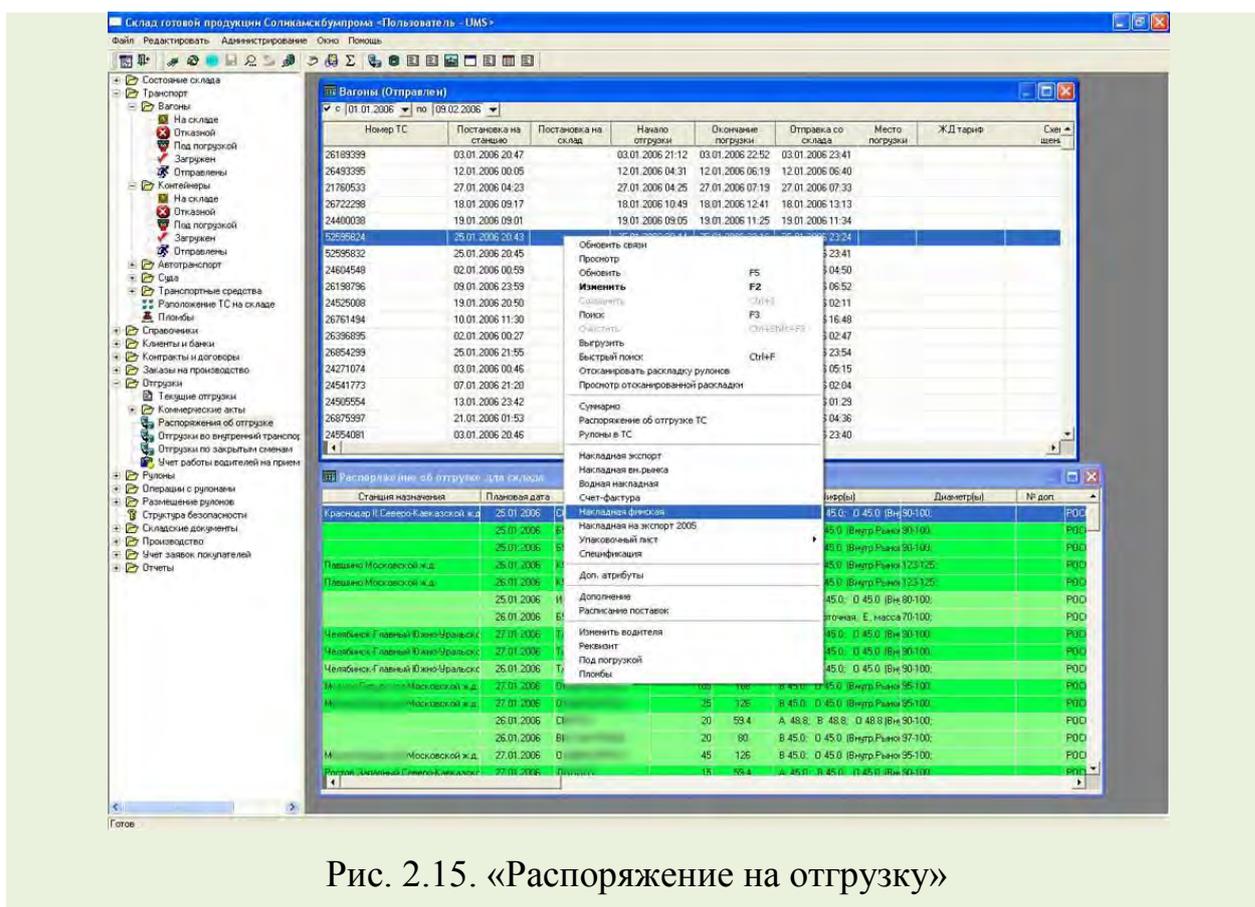


Рис. 2.15. «Распоряжение на отгрузку»

Все складские операции (включая инвентаризацию, отгрузку, регистрацию пересортицы) осуществляются контролером склада с использованием радиотерминала, оснащенного сканером штрих-кода. Использование терминала гарантирует правильность указания рулона, с которым производится операция, а также гарантирует корректность выполнения самой операции именно с выбранным рулоном (рис. 2.16).

Пример: невозможность отгрузки рулона, помеченного для переупаковки, невозможность повторной регистрации отгрузки одного и того же рулона.

Контроль отгрузки происходит в момент сканирования контролером ОТК этикетки продукции непосредственно при ее загрузке в транспортное средство. При этом в случае попытки регистрации отгрузки рулона, не предназначенного для отправки к клиенту в данном транспортном средстве, система сообщает контролеру отгрузки об ошибке.

Поступающие на склад транспортные средства учитываются в разрезе их видов (вагоны, контейнеры, автотранспорт, суда). Сотрудники могут

регистрировать все необходимые данные по транспортным средствам (тип, грузоподъемность, масса, объем, количество осей и пр.). В системе хранится история использования транспортных средств: когда и какое транспортное средство было загружено, когда поступало на склад и когда было отправлено грузополучателю. Учет транспортных средств ведется при помощи мобильных радиотерминалов, что обеспечивает возможность сотрудникам склада регистрировать весь цикл операций по отгрузке продукции, не обращаясь к стационарным рабочим местам. Система сохраняет информацию о пломбах транспортных средств после погрузки, а также информацию о схеме укладки продукции в транспортное средство, что в дальнейшем позволяет сравнивать эти данные с претензиями, полученными от заказчиков. Процесс инвентаризации склада готовой продукции полностью автоматизирован и осуществляется только при использовании мобильных радиотерминалов, обеспечивающих безошибочное считывание штрих-кода каждой единицы продукции и передачу информации в Систему.

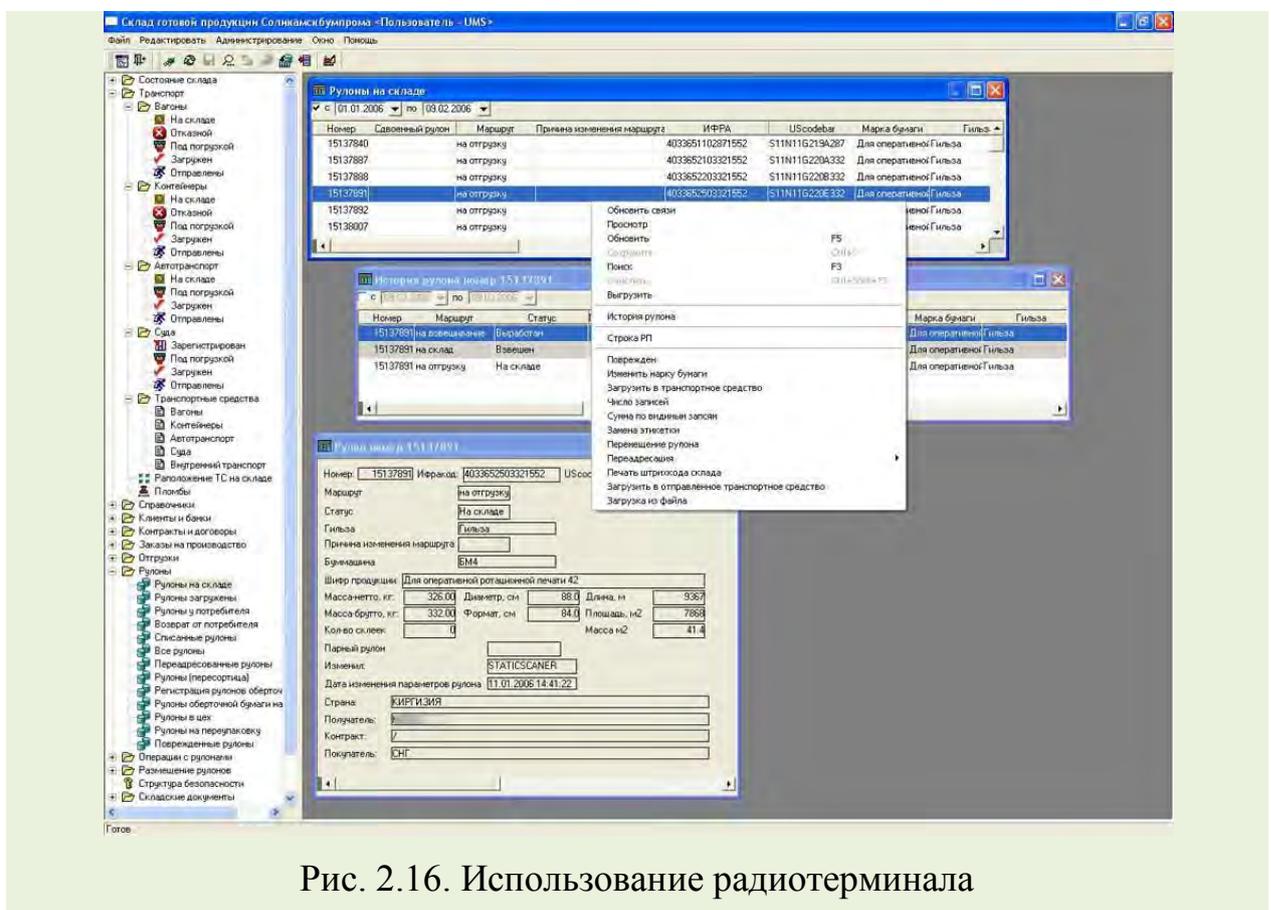


Рис. 2.16. Использование радиотерминала

При регистрации отправки транспортного средства на основании имеющейся информации о характеристиках и объеме отгруженной продукции в Системе создаются бухгалтерские документы, которые затем предоставляются клиенту (рис. 2.17). Вся информация об отгрузке доступна через веб-интерфейс, что позволяет клиенту или грузоперевозчику контролировать исполнение своего заказа из любой точки мира, в том числе получать электронные копии отгрузочных документов. Процесс управления системой ведется легко настраиваемой подсистемой разграничения прав доступа к информации. Информация по каждому рулону (когда и кем был отгружен, принят на склад, выгружен со склада) архивируется в системе, и найти необходимые данные не составляет труда.

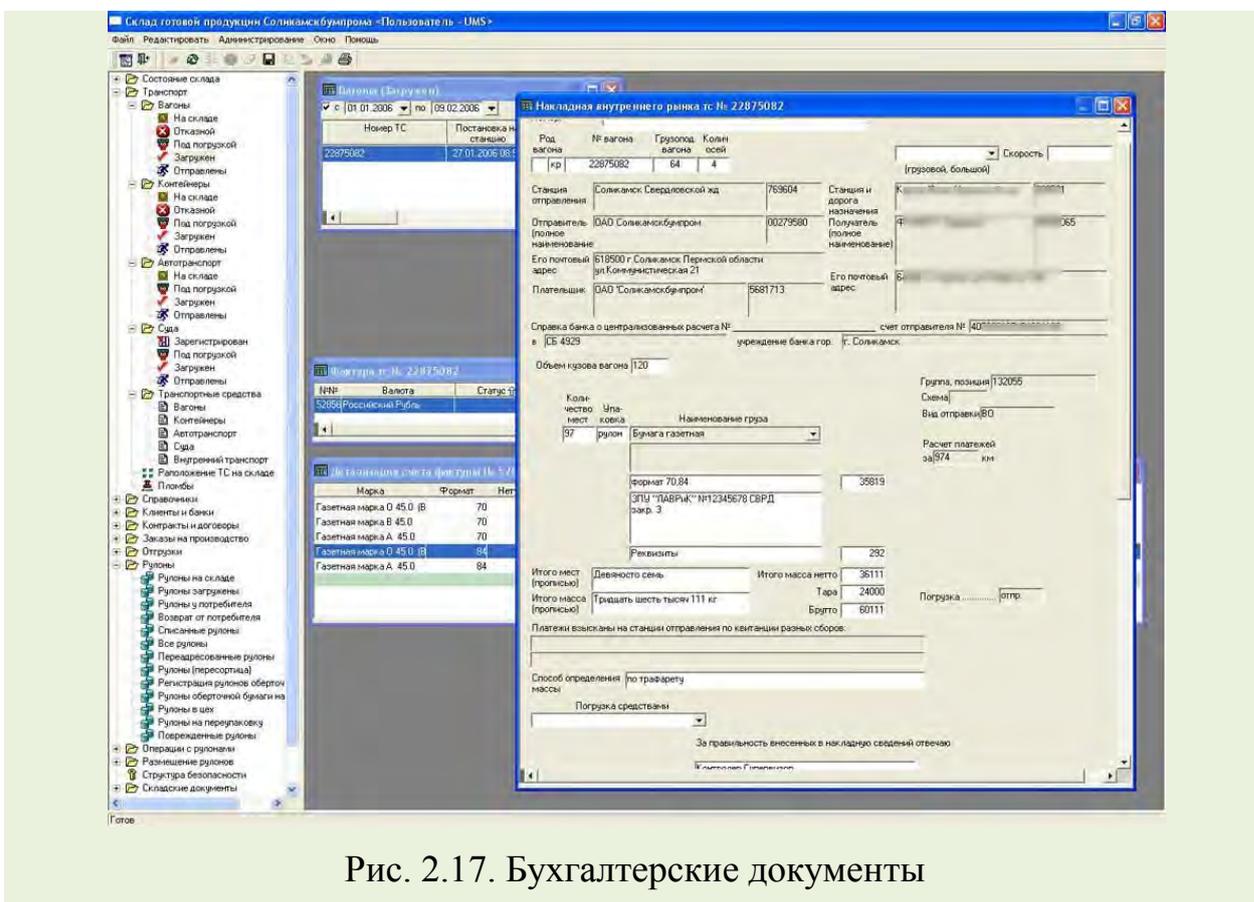


Рис. 2.17. Бухгалтерские документы

Инспекционный контроль— контроль, осуществляемый специально уполномоченными лицами с целью проверки эффективности ранее выполненного контроля. Инспекционный контроль— это контроль уже проконтролированной продукции, из которой исключен обнаруженный брак. Его осуществляют при необходимости проверки качества работы ОТК или

контрольного автомата. В особых случаях инспекционный контроль выполняется представителями заказчика для повышения достоверности результатов контроля важных видов продукции.

Летучий контроль– контроль, проводимый в случайное время. Эффективность летучего контроля обуславливается его внезапностью, правила обеспечения которой должны быть специально разработаны. Летучий контроль, как правило, осуществляется непосредственно на месте изготовления, ремонта, хранения и т.п. Летучий контроль также носит инспекционный характер. Благодаря тому, что он осуществляется внезапно, в случайные моменты времени, его результаты могут быть более достоверными.

Контроль транспортирования– проверка соответствия условий и режимов транспортировки сырья, материалов и изделий установленным требованиям.

Транспортирование продукции– перемещение продукции в заданном состоянии с применением, при необходимости, транспортных и грузоподъемных средств, начинающееся с погрузки и заканчивающееся разгрузкой на месте назначения.

Пример: транспортирование бетонной смеси– это перевозка ее от бетоносмесительного узла или установки к объекту. Перемещение в пределах объекта до места укладки называют подачей бетонной смеси. Правильно запроектированная и осуществленная транспортировка в значительной мере определяет качество смеси в момент ее укладки в конструкцию.

При несоблюдении правил перевозки и подачи смеси в бетонируемые конструкции она теряет однородность и расслаивается: наиболее тяжелые составляющие бетонной смеси (гравий, щебень, песок) оседают, а на поверхность выступает цементное молоко. Поэтому нарушается заданная подвижность и снижается удобоукладываемость. Это обуславливает необходимость систематического контроля за транспортированием и подачей бетонной смеси в конструкции. Работники строительной лаборатории

должны следить за тем, чтобы транспортирование бетонной смеси от места ее приготовления к местам укладки осуществлялось с наименьшим числом перегрузок. Применяемые способы транспортирования должны исключать возможность попадания в смесь атмосферных осадков, нарушение однородности смеси, потерю цементного раствора, а также обеспечивать предохранение смеси в пути от вредного воздействия ветра и солнечных лучей.

В обязанность лаборантов входит контроль за состоянием транспортных средств, это делается для того, чтобы исключить возможность вытекания цементного молока во время транспортирования. Изменение подвижности бетонной смеси в процессе перевозки контролирует лаборатория путем систематической проверки показателей подвижности. Допустимую продолжительность транспортирования бетонной смеси (с момента ее выгрузки из бетоносмесителя до окончания уплотнения) устанавливает лаборатория в зависимости от сроков схватывания применяемого цемента и температуры бетонной смеси. Дальность перевозки бетонной смеси в пределах установленного времени не ограничивается, если в пути не происходит расслоения смеси, что устанавливает лаборатория.

Пример. Санитарные правила устанавливают порядок транспортирования и хранения медицинских иммунобиологических препаратов от момента их изготовления до использования в организациях здравоохранения.

Пример. Транспортирование металлических радиоактивных отходов на перерабатывающие мощности. Радиационный контроль при транспортировании и выгрузке контейнеров осуществляется грузоотправителем и грузополучателем:

- контроль за мощностью дозы гамма-излучения на поверхности упаковок и транспортных средств согласно требованиям правил;

- контроль за уровнем загрязнения радиоактивными веществами наружных поверхностей контейнеров, внутренних и наружных поверхностей стенок полувагона;
- индивидуальный дозиметрический контроль.

2.2.1.5 Эксплуатационный контроль

Эксплуатационный контроль– контроль, осуществляемый на стадии эксплуатации продукции. Объектами эксплуатационного контроля могут быть эксплуатируемые изделия и процесс эксплуатации.

ГОСТ 25866 устанавливает следующие термины и определения.

Эксплуатация– стадия жизненного цикла изделия, на которой реализуется, поддерживается и восстанавливается его качество.

Опытная эксплуатация– эксплуатация заданного числа изделий по специальной программе с целью учета реальных условий эксплуатации, контроля в этих условиях технических характеристик изделия и определения необходимости изменения конструктивных, технических и ремонтных характеристик изделия, внесение изменений в эксплуатационные документы.

Подконтрольная эксплуатация– эксплуатация заданного числа изделий в соответствии с действующей эксплуатационной документацией, сопровождающаяся дополнительным контролем и учетом технического состояния изделий с целью получения более достоверной информации об изменении качества изделий данного типа в условиях эксплуатации.

Ввод в эксплуатацию– событие, фиксирующее готовность изделия к использованию по назначению и документально оформленное в установленном порядке.

Снятие с эксплуатации– событие, фиксирующее невозможность или нецелесообразность дальнейшего использования по назначению и ремонта изделия и документально оформленное в установленном порядке.

Пример: При контроле в процессе эксплуатации линии электропередачи разбивается на участки, заключенные между промежуточными пунктами, где оканчиваются линейные тракты или выделяются сетевые тракты, а также между промежуточными и окончными пунктами. Для классификации отказов используются определения аномалии и дефекта. **Аномалия** – расхождение между текущим значением и требуемым значением параметра объекта. Аномалия может влиять или не влиять на способность объекта выполнять требуемую функцию. Дефектом считается ограниченный перерыв способности объекта выполнять требуемую функцию. Каждый процесс сопровождаются определенными данными, то есть собранные данные об аномалиях и собранные данные о дефектах. Процессы контроля за аномалиями и дефектами соответственно указывают на возникновение состояний аномалии или дефекта. Пороги, разделяющие ухудшенные и неприемлемые пределы качества, и период наблюдения определяются для каждого дефекта и подтвержденного состояния неработоспособности или пакета аномалий и дефектов. Индикация ухудшенного или неприемлемого значения рабочих-параметров выдается каждый раз при превышении определенного порога. Все сигналы первичной информации от различных датчиков либо передаются от каждого объекта в блок обработки, либо обрабатываются на месте. Показатели рабочих характеристик определяются на основе этой информации. Каждый из показателей рабочих характеристик обрабатывается отдельно. Эксплуатационный контроль производится с помощью средств эксплуатационного контроля, включающих устройства встроенного контроля и программно-технические средства, входящие в состав объекта эксплуатации, либо автономные средства измерений, в том числе устройства, обеспечивающие автоматизацию измерений и регистрацию их результатов. Эксплуатационный контроль подразделяется на непрерывный, периодический и эпизодический.

Непрерывный контроль– вид эксплуатационного контроля, проводимого непрерывно или путем опроса соответствующего числа параметров с целью оперативного определения характера и места неисправности объекта технической эксплуатации (далее– ОТЭ). Непрерывный эксплуатационный контроль сети является процессом, при котором аномалии и дефекты, обнаруженные в ОТЭ, анализируются и проверяются. Этот анализ может быть внутренним или внешним относительно ОТЭ. В случае внешнего анализа, он может выполняться либо местными, либо централизованными средствами технической эксплуатации. Контроль состоит из трех непрерывно и совместно проводимых процессов– процесс контроля для выявления аномалий (кратковременный период), процесса контроля для выявления дефектов (среднесрочный период), процесса контроля для выявления ухудшенного качества (долговременный период).

Периодический контроль– вид эксплуатационного контроля, проводимого по заранее намеченному плану или программе с помощью средств эксплуатационного контроля.

Эпизодический контроль– вид эксплуатационного контроля, проводимого с помощью средств эксплуатационного контроля:

- по мере необходимости;
- при отклонении отдельных параметров трактов и каналов передачи от норм;
- по заявкам вторичных сетей и других потребителей;
- в процессе и после ремонтно-восстановительных работ.

Периодический и эпизодический контроль проводится на основании методик проверки нормируемых параметров (рабочих характеристик) и определения места неисправностей, имеющих в действующих инструкциях по эксплуатации и настройке, указаниях по проведению измерений и других действующих нормативных документах. Исходя из этих документов, определяется перечень контролируемых параметров

и периодичность контроля (при составлении планов измерений), определяются значения параметров и необходимые (допустимые) технические средства.

2.2.1.6 Контроль утилизации

Существует несколько определений термина «утилизация».

Согласно СТБ ИСО 9000 *утилизация* – действие, предпринятое в отношении несоответствующей продукции или услуги, для предотвращения ее предполагаемого использования.

Согласно ГОСТ 30166 *утилизация*– виды работ по обеспечению ресурсосбережения (с учетом требований экологии и безопасности), при которых осуществляются с заданной интенсивностью переработка и/или вторичное использование отслуживших установленный срок и/или отбракованных изделий, материалов, упаковки и т.п., а также технологических отходов и вторичных материалов. Утилизации подвергаются также изделия, пришедшие в негодность в результате нарушений по различным причинам условий их функционирования.

Утилизация (СТБ 1218)– использование продукции, не пригодной к применению по ее прямому назначению и не подлежащей восстановлению, для других нужд. Утилизация– одно из средств охраны окружающей среды, ресурсосбережения и поддержания сырьевой базы, реализуемое практически на всех стадиях жизненного цикла продукции:

- при разработке– утилизация отработанных макетов, моделей, комплектующих изделий, расходных материалов и т.п.;
- при производстве– утилизация отходов производства, бракованной продукции и комплектующих изделий, отработавших ресурс оборудования, оснастки, инструмента и т.п.;
- при эксплуатации– утилизация снятых с эксплуатации дефектных изделий, ремонт или восстановление которых невозможно или экономически

нецелесообразно, их составных частей, агрегатов, узлов одноразовых изделий, отработанных эксплуатационных материалов и т.п.

Примерами утилизации могут служить разборка (демонтаж) изделия и сепарация его компонентов по однородным группам, перевод его в учебное пособие, использование не по прямому назначению и т.д. Сжигание, захоронение или другие способы уничтожения продукции утилизацией не являются.

Согласно СТБ 2197 **утилизация** – ликвидация изделия с обращением входящих в него компонентов во вторичное сырье (с соблюдением экологических требований), сопровождающаяся исключением всех относящихся к ликвидируемому экземпляру изделия из информационных объектов из интегрированной информации среды.

Выделяют различные области применения утилизации. Наиболее распространенные приведены на рис. 2.18.



Рис. 2.18. Области применения утилизации

В соответствии с ГОСТ 17527 **утилизация тары и упаковочного материала**– переработка и использование в качестве вторичного сырья бывших в употреблении тары, упаковочного материала или отходов их производства. Согласно СТБ 17.0.1.01 **утилизация отходов**– вовлечение отходов в хозяйственный оборот в целях получения различных видов продукции, веществ, тепла химических реакций.

Однако с 1 июля 2012 года вступил в силу технический регламент Таможенного союза Беларуси, Казахстана и России ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки», который запрещает повторно использовать

стеклянные бутылки для розлива алкогольных напитков и детского питания. Объясняется это заботой о здоровье нации: вторичное использование стеклянной бутылки может сказываться на качественных параметрах продукции и, как результат, на здоровье покупателей. В странах ЕС повторное использование бутылок, наоборот, поощряется, поскольку это экологично, безопасно для здоровья населения и сокращает потребление энергии в промышленности.

2.2.2 Контролепригодность технических объектов и ее обеспечение

Согласно ГОСТ 19919 *контролепригодность* – свойство изделия, обеспечивающее возможность, удобство и надежность его контроля при изготовлении, испытаниях, техническом обслуживании и ремонте. За последнее время резко возросла сложность современных технических объектов, увеличилось количество выполняемых ими функций, и как следствие – повысились требования к их надежности. Соответственно непрерывно возрастает роль методов и средств поддержания их в работоспособном состоянии в процессе внедрения и эксплуатации. Эффективность этих методов зависит от контролепригодности, т.е. степени приспособленности объектов к контролю их технического состояния, своевременному обнаружению и локализации дефекта. Для оценки контролепригодности используется понятие приспособленности к диагностированию и определенные количественные показатели.

Согласно ГОСТ 26656 *приспособленность к диагностированию (ПД)* – свойство изделия, характеризующее его пригодность к проведению контроля заданными методами и средствами технического диагностирования.

Обеспечение контролепригодности позволяет значительно сократить время и стоимость восстановления при устранении дефекта, повысить надежность, качество и производительность технических средств. Высокий

уровень контролепригодности, достигаемый благодаря встроенным и внешним средствам контроля, автоматизированной системой сбора, обработки данных для определения технического состояния и оперативного поиска дефектов, обеспечивает принятие своевременных мер по предотвращению аварийных ситуаций, что особенно важно при их необратимых последствиях. ПД должна обеспечиваться на всех стадиях разработки новых и модернизации серийно выпускаемых изделий при разработке для них систем диагностирования. Обеспечение ПД изделий должно проводиться с целью повышения эффективности диагностирования при оптимальных затратах на разработку, изготовление, эксплуатацию и ремонт, предусматривая для этого взаимную приспособленность и согласование характеристик средств технического диагностирования и изделия при диагностировании на этапе «эксплуатация и ремонт». Для обеспечения ПД изделий в техническом задании (ТЗ) на разработку или модернизацию изделий должны устанавливаться конкретные требования по ПД изделий в виде количественных показателей ПД и качественных требований. Количественным показателем ПД является средняя оперативная трудоемкость данного вида диагностирования и коэффициент безразборного диагностирования. Средняя оперативная трудоемкость данного вида диагностирования рассчитывается из выражения:

$$S_d = \sum_{i=1}^N S_{di}, \quad (2.1)$$

где N – число операций данного вида диагностирования, необходимых для определения технического состояния изделия;

S_{oi} – оперативная трудоемкость i -й операции диагностирования, чел.-ч.:

$$S_{di} = S_{oi} + S_{Bi}, \quad (2.2)$$

где S_{oi} – основная трудоемкость i -й операции диагностирования, чел.-ч.;

S_{Bi} – средняя вспомогательная трудоемкость i -й операции диагностирования, чел.-ч.

Основная трудоемкость диагностирования характеризует затраты труда на непосредственное диагностирование (установление необходимых

режимов работы изделий и средней трудоемкости диагностирования (СТД), измерение, сравнение действительного значения с заданными, регистрация и отображение результата измерения параметра):

$$S_{Bi} = S_{Wi} + S_{Mi}, \quad (2.3)$$

где S_{Wi} – средняя трудоемкость установки и снятия измерительных преобразователей и других устройств, необходимых для выполнения i -й операции диагностирования, чел.-ч.;

S_{Mi} – средняя трудоемкость работ на изделии для обеспечения доступа к контрольным точкам и приведения изделия в исходное состояние после диагностирования, чел.-ч.

Коэффициент безразборного диагностирования рассчитывается по формуле:

$$K_{бд} = \frac{\Pi_k}{\Pi_n}, \quad (2.4)$$

где Π_k – число контролируемых параметров изделия данного вида диагностирования, для измерения которых не требуются демонтно-монтажные работы;

Π_n – общее число контролируемых параметров данного вида диагностирования.

Вопросы структурной реализации сложных технических систем с учетом обеспечения их контролепригодности для проведения диагностических работ следует прорабатывать на стадиях их проектирования и изготовления. Это значительно повысит показатели надежности, качества функционирования, сократит затраты на обслуживание и ремонт при их эксплуатации. Проблеме синтеза контролепригодных систем уделяется большое внимание – фундаментальные положения теории предложены в работах видных ученых. В частности достаточно успешно решаются задачи построения тестовых последовательностей для покрытия возможных неисправностей. Для решения задач синтеза, прежде всего, необходима математическая модель объекта диагностирования – *диагностическая*

модель. Она должна адекватно отражать основные свойства проектируемой системы и в то же время быть универсальной по отношению к типу ошибок. Наиболее удобной является структурная модель, представляемая в форме ориентированного графа, вершины которого отображают блоки объекта диагностирования, а дуги— связи между блоками. Представление объекта диагностирования в форме ориентированного графа позволяет абстрагироваться от специфики объектов и рассматривать их в весьма общем плане.

Согласно ГОСТ 26656 **диагностическая модель**— формальное описание изделия, подвергаемого диагностированию (в аналитической, табличной, векторной, графической и др. форме), учитывающее возможные изменения в его исправном и неисправном состоянии.

Для класса непрерывных систем нет общего подхода к решению вопросов обеспечения их контролепригодности. В системах со сложной структурой и большим количеством возможных дефектов выбор расположения точек контроля при существовании ограничений на их размещение является достаточно нетривиальной задачей. Используемые для решения таких задач традиционные точные методы, методы ветвей и границ, динамического программирования, градиентного спуска теряют эффективность при увеличении размерности задач, что приводит к необходимости разработки новых методов и алгоритмов проектирования контролепригодных систем.

В последнее время для решения задач с большим числом возможных состояний применяются алгоритмы эволюционного моделирования, в частности, генетические алгоритмы, использующие для нахождения экстремума целевой функции принципы, лежащие в основе процессов естественного отбора. По своей сути, являясь алгоритмами нахождения глобального экстремума многоэкстремальной функции, они значительно сокращают перебор в сложных задачах и легко адаптируются к изменению условий проблемы.

Таким образом, задачи оптимального синтеза контролепригодных объектов в связи с ростом их сложности и увеличением числа состояний актуальны и требуют развития новых методов для их решения. Математические технологии предназначены для решения задач оптимизации большой размерности и успешно применяются для решения технических задач. Разработка и адаптация алгоритмов эволюционного моделирования к решению задач обеспечения контролепригодности позволит преодолеть ограничение на размерность решаемых задач и даст новый эффективный подход к решению задач синтеза контролепригодных объектов различной природы и назначения. Актуальной проблемой также является разработка методов синтеза контролепригодных систем с большим числом состояний, определяемым дефектами, на базе эволюционного моделирования; адаптация генетических алгоритмов к решению задач обеспечения контролепригодности восстанавливаемых непрерывных технических систем по критериям глубины поиска, времени восстановления при наличии ограничений на область допустимых решений.

Для исследований контролепригодности применяются методы теории графов, теории множеств, теории вероятностей и эволюционного моделирования. Для практической апробации и настройки разработанных алгоритмов применено программное статистическое моделирование, реализованное на языке Builder C++. Графический материал при проведении исследований получен с использованием математических технологий пакета MATLAB 6.0, Microsoft Excel.

В практическом плане объектами исследования являются восстанавливаемые технические системы непрерывного действия, число возможных состояний которых, обусловленных возникновением дефектов, превышает сто и более единиц.

ГОСТ 26656 распространяется на изделия, являющиеся объектами технического диагностирования, и устанавливает общие требования к обеспечению контролепригодности изделий в части их приспособленности

к диагностированию, требования к параметрам, методам, средствам технического диагностирования, к конструкции изделия и требования к их контролю. Стандарт устанавливает общие требования к конструкции изделия:

- к введению в конструкцию объекта встроенных измерительных преобразователей, обеспечивающих внешнюю выдачу контролируемых сигналов;
- к введению ... встроенных элементов контроля (смотровые или мерные стекла, прозрачные трубки и др.), обеспечивающих визуальный контроль параметров;
- к числу, унификации, стандартизации, расположению и доступности устройств сопряжения;
- к легкосоединяемости и легкосъёмности устройств сопряжения (соединения);
- к защите устройств сопряжения (присоединения) с СТД от повреждений и загрязнений при работе изделия;
- к обозначению устройств сопряжения.

Устройство сопряжения— устройство, предназначенное для соединения и разъединения изделия и СТД (электрический соединитель, переходник, штуцер и др.).

Требования по ПД изделий следует включать в ТЗ на разработку или модернизацию изделий; конструкторскую документацию (пояснительную записку к техническому предложению, эскизному проекту, чертежи, технические условия (ТУ)), стандарты. Показатели ПД изделий контролируются путем определения соответствия фактических значений показателей ПД заданным их значениям в ТЗ. Значения показателей ПД определяют в процессе приемочных испытаний. Фактические значения показателей ПД заносятся в протокол испытаний. Важнейшим понятием является контрольная точка.

Контрольная точка– выходы изделия, с которых снимаются средствами технического диагностирования ответы изделия (на рабочие или тестовые воздействия).

Выходы могут быть основные (необходимые для применения изделия по назначению) или дополнительные (специально организованные для целей диагностирования). В качестве критериев синтеза контролепригодных объектов целесообразно использовать коэффициент глубины диагностирования. Так как данный коэффициент изменяется в зависимости от числа точек, с которых снималась информация, то накладывая определенные ограничения, можно обеспечивать различную глубину диагностирования.

2.3 Виды контроля по полноте охвата единиц продукции

2.3.1 Сплошной контроль

Согласно ГОСТ 16504 **сплошной контроль**– контроль каждой единицы продукции в партии.

Согласно ГОСТ Р 50779.11 **партия (производственная партия)** – определенное количество некоторой товарной продукции или услуг, произведенное в одно время и при условиях, которые можно считать однородными.

Обстоятельства, при которых условия можно считать однородными, в большинстве случаев нельзя установить. Например, замена используемого материала или инструмента или прерывание процесса производства может привести к разным условиям.

Согласно ГОСТ Р 50779.11 **контролируемая партия**– определенное число единиц продукции, материала или услуг, собранных вместе и представленных для испытания. Контролируемая партия может состоять из нескольких производственных партий или частей производственных партий.

2.3.2 Выборочный контроль и его виды

Основные термины и определения в области выборочного контроля устанавливает ГОСТ Р 50779.11.

Выборочный контроль – проверка продукции или услуги с использованием.

Выборка– одна или несколько выборочных единиц, взятых из генеральной совокупности и предназначенных для получения информации о ней. Выборка может служить основой для принятия решений о генеральной совокупности или процессе, который ее формирует.

Генеральная совокупность– множество всех рассматриваемых единиц.

Различают следующие виды выборочного контроля:

- 1) одноступенчатый;
- 2) двухступенчатый;
- 3) многоступенчатый;
- 4) последовательный;
- 5) непрерывный;
- 6) одностадийный непрерывный;
- 7) многостадийный непрерывный;
- 8) серийный;
- 9) с пропуском партий;
- 10) инспекционный.

Одноступенчатый – выборочный контроль, при котором решение о приемке или отклонении партии в соответствии с определенными правилами принимают на основе результатов контроля, получаемых из одной выборки заранее определенного объема n . Если среди n случайно отобранных изделий число дефектных m окажется не больше приемочного числа c ($m \leq c$), то партия принимается. В противном случае партия бракуется.

Согласно ГОСТ Р 50779.11 **приемочное число**– наибольшее число несоответствий или несоответствующих единиц в выборке в плане

выборочного контроля по альтернативному признаку, при котором допускается приемка партии.

Двухступенчатый– выборочный контроль, при котором после контроля первой выборки объема n_1 принимают решение о приемке, отклонении партии или отборе второй выборки объема n_2 для принятия решения о приемке или отклонении в соответствии с определенными правилами.

Первая ступень: если среди n_1 случайно отобранных единиц продукции число дефектных m_1 окажется не больше приемочного числа c_1 ($m_1 \leq c_1$), то партия принимается. Если $m_1 > c_2 > c_1$, то партия бракуется. Если $c_1 \leq m_1 \leq c_2$, то принимается решение о взятии второй выборки объемом n_2 .

Вторая ступень: если суммарное число дефектных изделий в двух выборках $(m_1 + m_2) \leq c_3$, то партия принимается. Если $(m_1 + m_2) > c_3$, партия бракуется по данным двух выборок.

Многоступенчатый– выборочный контроль, при котором после контроля каждой выборки принимают решение о соответствии с определенными правилами о приемке, отклонении партии или отборе следующей выборки, причем правила принятия решения основаны на накопленных данных всех выборок партии. Для большинства многоступенчатых планов выборочного контроля наибольшее число выборок, которые можно отобрать, ограничено, причем при достижении этой границы решение о приемке или отклонении надо принимать обязательно. Таким образом, решение о принятии или забраковании партии принимается на основании испытаний k ($k \geq 2$) выборок, причем максимальное количество выборок ограничено и заранее установлено (в отечественной практике чаще всего применяется двухступенчатый контроль, в котором число выборок не превышает двух).

Последовательный– выборочный контроль, при котором в соответствии с определенными правилами после контроля каждой единицы принимают основанное на накопленных данных всех проконтролированных

единиц из партии решение о приемке, отклонении партии или контроле следующей единицы. Полное число единиц, которые должны быть проконтролированы, не устанавливаются, но максимальное число часто выбирают на основании предыдущего опыта. Таким образом, решение о приемке партии, браковке или продолжении испытаний принимается после оценки каждого последовательно проверяемого изделия, причем число изделий, подвергаемых контролю, заранее не ограничено. Задаются объемы последовательных выборок $n_i(n_1, n_2, n_3)$, где $n_1 < N, n_1 + n_2 < N$ и т.д.

Также задаются пары целых чисел c_1 и c'_1 ; c_2 и c'_2 и т.д. При этом $c_1 < c'_1$; $c_2 < c'_2$ и т.д.

На первом шаге контролируется выборка объема n_1 . Если $m_1 \leq c_1$, то партия принимается. Если $m_1 > c_1$ — бракуется.

Если $c_1 \leq m_1 \leq c'_1$, берется выборка объема n_2 . Если $m_2 = m(n_1 + n_2) \leq c_2$, то партия принимается. Если $m_2 > c_2$ — бракуется.

Если $c_2 \leq m_2 \leq c'_2$, берется выборка объема n_3 и т.д.

Каждый из указанных планов обладает рядом преимуществ и недостатков. Планы одноступенчатого контроля значительно проще с организационной точки зрения, так как предусматривают элементарную процедуру контроля, в которой объем выборки постоянен и заранее известен. В остальных планах процедуры контроля значительно сложнее, применение их на производстве требует наличия квалифицированных кадров. В то же время при многоступенчатом и последовательном контроле при том же среднем объеме выборки, равном объему выборки одноступенчатого контроля, достигается большая достоверность принимаемых решений, но они более сложны в организационном плане.

Непрерывный контроль — выборочный контроль, предназначенный для проверки непрерывного потока отдельных единиц продукции, который:

- предусматривает приемку или отклонение на основании результатов последовательного контроля отдельных единиц;

- использует чередующие друг друга периоды сплошного и выборочного контроля в зависимости от наблюдаемого качества продукции (одностадийный и многостадийный).

Одностадийный непрерывный контроль– непрерывный выборочный контроль последовательно изготавливаемых единиц, при котором контроль с фиксированной частотой отбора чередуют со сплошным контролем в зависимости от наблюдаемого качества продукции.

Многостадийный непрерывный контроль– непрерывный выборочный контроль последовательно изготавливаемых единиц, при котором контроль с двумя или несколькими частотами отбора чередуют со сплошным контролем в зависимости от наблюдаемого качества продукции.

Серийный контроль– выборочный контроль, при котором критерии для принятия решений по текущей партии зависят от результатов выборочного контроля этой партии и определенного числа предыдущих партий непосредственно следующих одна за другой.

Контроль с пропуском партий– выборочный контроль, при котором некоторые партии из последовательности партий принимают без контроля, если результаты выборочного контроля для заданного числа непосредственно предшествующих партий соответствуют установленным критериям.

Инспекционный контроль– выборочный контроль, предназначенный для проверки того, находятся ли процедуры выборочного контроля изготовителя в соответствии с заявленной им схемой выборочного контроля. Этот вид выборочного контроля часто называют проверкой процедур выборочного контроля изготовителя.

2.3.3 Основные методы выборочного контроля

Степень пригодности изделий для дальнейшего использования можно определять различными способами. Например, можно регистрировать

точные численные значения параметров, а можно принимать одно из двух решений: пригодно изделие к дальнейшему использованию или нет, т.е. делить изделия на годные и дефектные. В первом случае говорят о так называемом количественном признаке качества, во втором – об альтернативном. Таким образом, в зависимости от вида контрольной операции согласно ГОСТ Р 50779.11 различают контроль по *альтернативному, качественному и количественному* признакам.

В соответствии с ГОСТ Р 50779.11 *признак* – свойство, которое помогает идентифицировать или различать единицы данной генеральной. Признак может быть количественным или качественным.

Метод по альтернативному (качественному) признаку – регистрация наличия или отсутствия некоторого признака у каждой единицы рассматриваемой группы и подсчет числа единиц, обладающих им, или того, сколько таких событий встретилось в единице, группе или области. При контроле по альтернативному признаку изделия по результатам измерения разбивают на два класса: годные и негодные (дефектные). При контроле по качественному признаку изделия классифицируют на несколько групп. Например, после контроля изделия могут быть отнесены к 1, 2, 3 сортам или признаны браком.

Метод по количественному признаку – измерение и запись числовых значений признака для каждой единицы продукции рассматриваемой группы, предназначенные для сопоставления с некоторой непрерывной шкалой. При контроле по количественному признаку измеряется числовое значение параметра.

Контроль по альтернативному признаку обладает рядом преимуществ по сравнению с контролем по количественному признаку. Во-первых, он проще как по объему вычислений, так и по организации его на производстве. Во-вторых, методика контроля не зависит от вида распределения измеряемых параметров и потому является более универсальной (при контроле по количественному признаку в большинстве случаев предполагается, что

измеряемые параметры имеют нормальное распределение). Однако при контроле по альтернативному признаку используется лишь малая часть информации, содержащейся в наблюдениях, что приводит к необходимости большого количества измерений. Основные статистические методы контроля представлены в табл. 2.2.

Таблица 2.2 – Основные статистические методы контроля

Характеристика	Контроль по количественному признаку	Контроль по альтернативному признаку
Алгоритм контроля	1. Отбирают выборку (пробу) заданного объема n единиц продукции	
	2. Измеряют значения x_i контролируемого параметра ($i = 1, 2, \dots, n$) каждой единицы продукции	2. Проверяют наличие дефектов (по одному или нескольким параметрам) в каждой единице продукции
	3. Вычисляют значение выборочной характеристики как функцию величин x_i (например, среднее значение или его нормированное отклонение от номинала и т.п.)	3. Определяют значение выборочной характеристики, подсчитывая число дефектных единиц в выборке или число дефектов на определенное число единиц продукции
	4. Сравнивают значения выборочной характеристики с контрольным нормативом (приемочным числом) или с границей регулирования и принимают соответствующее решение	
Преимущества	Более информативен, требует меньшего объема выборки при равной достоверности или повышает достоверность при равном объеме	Проще и оперативнее в исполнении, не требует вычислений в процессе контроля, применим при контроле по нескольким параметрам
Недостатки	Применим при контроле по одному параметру, требует предварительной проверки закона распределения параметра, более высокой квалификации исполнителей	Менее информативен, при отрицательном результате сложнее найти причину снижения качества продукции или разладки технологического процесса

2.3.4 Методы формирования партий и выборки продукции

Формирование контролируемой партии—это процесс отбора (комплектации) необходимого и достаточного (возможного) числа единиц продукции для проверки качества. Формирование (комплектация) партии для контроля имеет большое практическое значение, так как во многом предопределяет процедуру контроля, представительность выборки и качество принимаемой продукции. При формировании партии для контроля необходимо соблюдать один из следующих принципов:

- независимости единиц продукции (элементов) в партии;
- независимости функционирования элементов в структуре изделий, формирующих партии для неразрушающего контроля, понимаемого как поиск нарушения внутренней структуры материалов и изделий с помощью одного из девяти методов—радиационного, акустического, теплового, оптического и т.д.,—этот принцип не имеет значения);
- максимальной однородности свойств изделий в партии.

При комплектации партии по принципу независимости (статистической однородности) единиц продукции в партии объем формируемой партии может быть установлен заранее, до начала производства.

Комплектация партии по принципу независимости функционирования элементов в структуре изделий (функциональная однородность) производится после сборки изделий, каждое из которых состоит из последовательно соединенных независимых элементов, поставляемых партиями объемов N единиц, сформированных, в свою очередь, по принципу независимости элементов в партии. Комплектация партий по третьему принципу связана с соблюдением следующих требований: каждое изделие комплектуемой партии должно быть изготовлено из одной и той же партии сырья («сырьевая» однородность), по одной и той же технологии, на одном и том же оборудовании («технологическая» однородность).

В случае невозможности соблюдения принципа однородности партии продукции целесообразно проводить расслоение партии на однородные части для обеспечения отбора представительной выборки. Объем контролируемой партии зависит от многих факторов:

- объема (программы) выпуска продукции;
- затрат времени, труда и средств на контроль партии продукции;
- однородности партии продукции;
- требований к комплектующим изделиям (ограниченность партии комплектующих элементов; уровень дефектности партий комплектующих элементов; особенность структуры и состава комплектующих элементов — масса, габариты и т.п.);
- возможности формирования больших и малых партий и условий реализации продукции;
- вида испытаний;
- времени и условий хранения (складирования), транспортирования и поставки контролируемых партий;
- производственной возможности завода-изготовителя (объем выпуска продукции в единицу времени; ограничения на материальные, трудовые и сырьевые ресурсы).

Наиболее существенным фактором, влияющим на объем партии, формируемой для контроля, является тип производства. Объем партии обуславливается также видом контроля продукции. При приемочных и квалификационных испытаниях партией является совокупность (гипотетическая) изделий, предназначенных к последующему выпуску; при приемочном контроле (приемо-сдаточных испытаниях) объем партии обычно равен числу изделий, изготовленных за рабочую смену; при периодических испытаниях объем партии равен числу изделий, выпущенных за отчетный период.

При проведении выборочного контроля на этапе приемочных испытаний методы отбора единиц в выборку зависят от способа

представления продукции на контроль. Различают четыре способа представления продукции на контроль: «ряд», «россыпь», «поток», «в упаковке».

При способе **«ряд»** продукция, поступающая на контроль, упорядочена. Ее единицы могут иметь сплошную нумерацию, например, 0, 1, 2, ... Изделия, отмеченные любым номером, можно легко отыскать и извлечь. Количество единиц продукции, поступающей на контроль, ограничено.

При способе **«россыпь»** единицы продукции, поступающие на контроль, неупорядочены, их невозможно нумеровать и нельзя отыскать и извлечь какую-то определенную единицу; количество единиц, поступающих на контроль, велико.

При способе **«поток»** единицы продукции поступают на контроль непрерывным потоком одновременно с выпуском продукции. Количество единиц продукции, поступающей на контроль, велико. Единицы продукции упорядочены, можно легко отыскать и извлечь каждую вторую, пятую и десятую и т.д.

При способе **«в упаковке»** единицы продукции, поступающие на контроль, не могут быть упорядочены и пронумерованы, так как находятся в контейнерах, ящиках, коробках одного и того же объема. Упаковочные единицы имеют те же особенности, что и продукция, поступающая по способу «ряд».

Формирование выборки от партии продукции представляет процесс отбора необходимого и достаточного (возможного) числа единиц продукции для проверки качества из контролируемой партии. Чтобы выборка правильно отражала свойства контролируемой совокупности (партии или потока продукции), при ее формировании следует применять **методы случайного отбора**.

Контролируемая совокупность должна быть однородна, т.е. продукция внутри нее должна быть изготовлена по возможности при одних и тех же производственных условиях, из одной партии сырья и материалов и т.п.

Задача формирования контролируемой партии продукции и выборки из нее актуальна только при выборочном контроле качества. В зависимости от различных признаков (плана контроля, времени формирования выборки и т.д.) выборки могут быть классифицированы:

- **по плану контроля**—однократные и двукратные (многократные);
- **по методу отбора**—случайные, расслоенные, преднамеренные, систематические, с повторением, без повторения;
- **по обеспечению достоверности**—представительные (репрезентативные) и непредставительные (произвольные);
- **по времени формирования**—мгновенные и текущие;
- **по степени охвата контролируемого показателя**—полные и цензурированные.

Достоверность оценки качества контролируемой партии продукции определяется организацией отбора единиц продукции в выборку. Согласно ГОСТ 18321 существует несколько типовых способов отбора единиц продукции в выборку: случайный, типический (расслоенный) и направленный (преднамеренный).

Случайный отбор заключается в извлечении n единиц из партии объема N , при котором обеспечивается одинаковая вероятность быть отобранной каждой из возможных выборок.

При **типическом (расслоенном) отборе** партия продукции сначала подразделяется на качественно однородные (типические) группы (слои) в отношении контролируемого показателя, а затем из каждой группы методами случайного отбора извлекают единицы продукции. Сумма единиц продукции, отобранных пропорционально по группам, равна объему выборки.

При **направленном отборе** из партии объема N извлекается выборка объема n таким образом, чтобы отобранные единицы продукции обладали определенными, наперед заданными свойствами.

«Сырьевая» и «технологическая» однородность партии продукции при анализе, например, механических свойств (твердость, прочность и т.п.) позволяет комплектовать выборку методом направленного отбора «слабейших» изделий партии.

В свою очередь, согласно ГОСТ 18321 случайный отбор подразделяется на виды (табл. 2.3): отбор с применением случайных чисел; многоступенчатый; вслепую (наибольшей объективности); систематический (механический).

Случайный *отбор с применением случайных чисел* используют при проверке продукции, поступающей на контроль по способу «ряд». Для этого N единиц продукции, входящих в партию, нумеруют порядковыми числами от 0 до $N-1$. Число $N-1$ определяет необходимое число знаков Z случайных чисел. Величина Z выбирается из условия $10^Z \geq N-1$.

Существующие таблицы случайных чисел содержат k -значные десятичные числа. При $Z < k$ берутся только Z знаков каждого числа (слева, справа или посередине), а остальные знаки отбрасывают. Из табл. случайных чисел выбирают n чисел (n —объем выборки). Порядок их выбора может быть произвольным, при этом числа, большие $N-1$, а также повторяющиеся числа опускают. Выборка составляется из единиц продукции, порядковые номера которых соответствуют n отобраным случайным числам.

Многоступенчатый отбор предполагает извлечение из партии: сначала укрупненные группы единиц, затем группы, меньшие по объему, и так до тех пор, пока не будут отобраны отдельные единицы продукции, которые должны подвергнуться испытаниям. Частным случаем многоступенчатого отбора является двухступенчатый отбор, при котором партия разбивается на группы и производится сначала отбор групп, а затем внутри групп—отбор единиц продукции. На обеих ступенях отбор производится случайным образом.

Таблица 2.3 – Методы случайного отбора выборок штучной продукции по ГОСТ 1832

Способы представления продукции на контроль		Методы отбора единиц продукции в выборку	
Ряд	Единицы продукции упорядочены и могут быть пронумерованы, любая единица доступна	Отбор с применением случайных чисел	Отбирают номера единиц продукции по таблицам случайных чисел или жребию
Россыпь	Единицы продукции неупорядочены, трудно или невозможно пронумеровать, отыскать и достать определенную единицу из многочисленной партии	Отбор «вслепую»	Отбирают единицы продукции «вслепую» (наугад) из различных частей партии
В упаковке	Продукция находится в упаковочных единицах (первичных, вторичных и т.д.), которые образуют «ряд». Внутри них может быть «ряд» или «россыпь»	Многоступенчатый отбор	Отбирают с применением случайных чисел определенное количество упаковочных единиц. Из них отбирают единицы продукции тем же методом или «вслепую»
Поток	Единицы продукции поступают непрерывным упорядоченным потоком одновременно с выпуском продукции	Систематический отбор	Отбирают единицы продукции из потока через определенный интервал времени или определенное количество единиц. Начало отсчета определяют случайным образом

Число ступеней отбора не должно быть большим из-за организационных сложностей формирования выборки. Многоступенчатый отбор отличается от расслоенного тем, что при первом способе отбирают не все группы изделий, а при втором – отбор производится из всех без исключения групп. Многоступенчатый отбор применяют для испытаний продукции в упаковке. Из отобранных упаковочных единиц на первой ступени извлекают отдельные изделия методами случайного отбора (при выборочном контроле) или все изделия (при сплошном контроле), и на основе полученных данных выносят суждение о качестве продукции.

Отбор «вслепую» применяют для продукции, поступающей на контроль по способу «россыпь», а также в том случае, когда применение метода отбора с использованием случайных чисел затруднено или экономически нецелесообразно. Единицы продукции должны отбираться независимо, из разных частей партий. Метод не применяют, когда бракованные изделия можно определить органолептически. Отбор «вслепую» обеспечивает независимость попадания изделий в выборку, но не гарантирует равную вероятность попадания единиц продукции в выборку.

Систематический (механический) отбор применяют для продукции, поступающей на контроль в виде «потока», если задан определенный порядок следования единиц продукции. Изделия отбирают через фиксированный интервал времени или через определенное число изделий (каждое 10-е, каждое 20-е и т.д.). При этом в следующих одна за другой единицах продукции период изменения контролируемого параметра не должен быть равен периоду отбора изделий. Этот способ обеспечивает равную вероятность попадания каждой единицы продукции в выборку при случайном начале отсчета периода, но не обеспечивает независимость попадания единицы продукции в выборку (в отличие от отбора «вслепую»).

При периодических испытаниях выборки для контроля формируют **способом расслоенного отбора**, обеспечивая пропорциональность

включения изделий каждой однородной партии, входящей в общую партию изделий, выпущенных за отчетный период.

2.4 Виды контроля по влиянию на объект контроля

2.4.1 Сущность разрушающих и неразрушающих методов контроля

Согласно ГОСТ 16504 *метод разрушающего контроля* – метод контроля, при котором может быть нарушена пригодность объекта к применению.

Преимущества разрушающих методов контроля:

- Разрушающие методы контроля обычно имитируют одно или несколько рабочих условий. Следовательно, они непосредственно направлены на измерение эксплуатационной надежности;

- При разрушающих методах обычно используют измерения разрушающих нагрузок или срока службы до разрушения при данных условиях. Таким образом, они позволяют получить числовые данные, полезные для конструирования или для разработки стандартов или спецификаций;

- Связь между большинством измерений разрушающим контролем и измеряемыми свойствами материалов (особенно под нагрузкой, имитирующей рабочие условия) обычно прямая. Следовательно, исключаются споры по результатам испытания и их значению для эксплуатационной надежности материала или изделия;

Недостатки разрушающих методов контроля:

- Разрушающие методы контроля не применяют к объектам в эксплуатационных условиях. Следовательно, соответствие между испытываемыми объектами и объектами, применяемыми в эксплуатации (особенно в иных условиях), должно быть доказано иным способом;

- Разрушающие методы контроля могут применяться только на части изделий из партии. Они, возможно, будут иметь небольшую ценность, когда свойства изменяются от детали к детали;

- Часто разрушение невозможно осуществлять на целой детали. Испытания в этом случае ограничиваются образцом, вырезанным из детали или специального материала, обладающих свойствами материала детали, который будет применяться в рабочих условиях;

- Единичная операция с разрушением может определить только одно или несколько свойств, которые могут влиять на надежность изделия в рабочих условиях;

- Разрушающие методы контроля затруднительно применять к детали в условиях эксплуатации. Обычно для этого работа прекращается и данная деталь удаляется из рабочих условий;

- Кумулятивные изменения в течение периода времени нельзя измерить на одной отдельной детали. Если несколько деталей из одной и той же партии подвергается разрушающему контролю последовательно в течение какого-то времени, то нужно доказать, что детали были одинаковыми. Если детали применяются в рабочих условиях и удаляются после различных периодов времени, необходимо доказать, что каждая была подвержена воздействию аналогичных рабочих условий, прежде чем могут быть получены обоснованные результаты;

- Когда детали изготовлены из дорогостоящего материала, стоимость замены вышедших из строя деталей может быть очень высока. При этом невозможно выполнить соответствующее количество и разновидности разрушающих методов контроля;

- Многие разрушающие методы требуют механической или другой предварительной обработки образца. Часто требуются крупногабаритные, дающие очень точные результаты, машины. В итоге стоимость разрушающих методов контроля может быть очень высокой, а число образцов для

испытаний ограниченным. Кроме того, эти испытания весьма трудоемки и могут проводиться только работниками высокой квалификации;

- Разрушающие методы контроля требуют большой затраты человеко-часов. Производство деталей стоит чрезвычайно дорого, если соответствующие длительные испытания применяются как основной метод контроля качества продукции.

Согласно ГОСТ 16504 *метод неразрушающего контроля*—метод контроля, при котором не должна быть нарушена пригодность объекта к применению.

Неразрушающие методы контроля (НМК), или дефектоскопия,—это обобщающее название методов контроля материалов (изделий), используемых для обнаружения нарушения сплошности или однородности макроструктуры, отклонений химического состава и других целей, не требующих разрушения образцов материала и/или изделия в целом.

Основные требования, предъявляемые к неразрушающим методам контроля:

- возможность осуществления контроля на всех стадиях изготовления, при эксплуатации и при ремонте изделий;
- возможность контроля качества продукции по большинству заданных параметров;
- согласованность времени, затрачиваемого на контроль, со временем работы другого технологического оборудования;
- высокая достоверность результатов контроля;
- возможность механизации и автоматизации контроля технологических процессов, а также управления ими с использованием сигналов, выдаваемых средствами контроля;
- высокая надежность дефектоскопической аппаратуры и возможность использования ее в различных условиях;
- простота методик контроля, техническая доступность средств контроля в условиях производства, ремонта и эксплуатации.

Основными областями применения НМК являются дефектоскопия особенно ответственных деталей и устройств (атомные реакторы, летательные аппараты, подводные и надводные плавательные средства, космические корабли и т.п.); дефектоскопия деталей и устройств длительной эксплуатации (портовые сооружения, мосты, краны, атомные электростанции, котлы, искусственные спутники Земли); непрерывная дефектоскопия особо ответственных агрегатов и устройств (котлы атомных, тепло- и электростанций), контроль подземных выработок; проведение исследований структуры материалов и дефектов в изделиях с целью усовершенствования технологии.

В зависимости от принципа работы НМК делятся на виды:

- акустические (ультразвуковые);
- капиллярные;
- магнитные (или магнитопорошковые);
- оптические (визуально оптические);
- радиационные;
- радиоволновые;
- тепловые;
- контроль течеисканием;
- электрические;
- электромагнитные, или токовихревые (методы вихревых токов).

Преимущества неразрушающих методов контроля:

- Неразрушающие методы контроля осуществляются непосредственно на изделиях, которые будут применяться в рабочих условиях;
- Неразрушающим методам можно подвергать любое изделие (деталь), предназначенное для работы в реальных условиях, если это экономически обосновано, и даже тогда, когда в партии имеется большое различие между деталями;
- Неразрушающий контроль можно проводить на целой детали или на всех ее опасных участках. Многие опасные с точки зрения эксплуатационной

надежности участки детали могут быть исследованы одновременно или последовательно, в зависимости от удобства и целесообразности;

- Могут быть проведены испытания многими НМК, каждый из которых чувствителен к различным свойствам или частям материала или детали. Таким образом, имеется возможность измерить столько различных свойств, связанных с рабочими условиями, сколько необходимо;

- Неразрушающие методы контроля часто можно применять к детали в рабочих условиях, без прекращения работы, кроме обычного ремонта или периодов простоя. Они не нарушают и не изменяют характеристик рабочих деталей;

- Неразрушающие методы контроля позволяют применить повторный контроль данных деталей в течение любого периода времени. Таким образом, степень повреждений в процессе эксплуатации, если ее можно обнаружить, и ее связь с разрушением в процессе эксплуатации могут быть точно установлены;

- При неразрушающих методах контроля детали, изготовленные из дорогостоящего материала, не выходят из строя при контроле. Возможны повторные испытания во время производства или эксплуатации, когда они экономически и практически оправданы;

- При неразрушающих методах контроля требуется небольшая (или совсем не требуется) предварительная обработка образцов. Некоторые устройства для испытаний являются портативными, обладают высоким быстродействием, в ряде случаев контроль может быть полностью автоматизированным. Стоимость НМК ниже, чем соответствующая стоимость разрушающих методов контроля;

- Большинство неразрушающих методов кратковременны и требуют меньшей затраты человеко-часов, чем типичные разрушающие методы испытаний. Эти методы можно использовать для контроля всех деталей при меньшей стоимости или стоимости, сопоставимой со стоимостью

разрушающих методов контроля лишь небольшого процента деталей в целой партии;

Недостатки неразрушающих методов контроля:

- Методы обычно включают в себя косвенные измерения свойств, не имеющих непосредственного значения при эксплуатации. Связь между этими измерениями и эксплуатационной надежностью должна быть доказана другими способами;

- Неразрушающие методы обычно качественные и редко-количественные. Обычно они не дают возможности измерения разрушающих нагрузок и срока службы до разрушения даже косвенно. Они могут, однако, обнаружить дефект или проследить процесс разрушения;

- Обычно требуются исследования на специальных образцах и исследование рабочих условий для интерпретации результатов испытания. Там, где соответствующая связь не была доказана, и в случаях, когда возможности методики ограничены, наблюдатели могут не согласиться в оценке результатов испытаний;

Неразрушающие методы контроля в настоящее время являются прогрессивными направлениями и постоянно развиваются, в этой области осуществляют деятельность: Международный комитет по неразрушающему контролю (ICNDT), Американское общество неразрушающего контроля (ASNT), Европейская федерация по неразрушающему контролю (EFNDT), Российское общество по неразрушающему контролю и технической диагностике (РОНКТД), Белорусская ассоциация неразрушающего контроля и технической диагностики (БАНК и ТД) и другие. Целями данных организаций являются содействие повышению качества, надежности, долговечности и безопасности выпускаемой и эксплуатируемой продукции, привлечению научно-технического и кадрового потенциала для создания новых методов и технических средств неразрушающего контроля и диагностики, обучения персонала; защита прав и законных интересов членов.

2.4.2 Основные требования к квалификации персонала, осуществляющего неразрушающий контроль

Согласно СТБ EN 473 *квалификация*–демонстрация физических свойств, знаний, умения, подготовки и опыта, необходимых для надлежащего выполнения задач по неразрушающему контролю.

Сертифицированному специалисту в соответствии с СТБ EN 473 присваивается один из трех уровней в зависимости от его квалификации.

Специалист, сертифицированный на 1-й уровень квалификации, должен продемонстрировать компетентность проводить неразрушающий контроль в соответствии с письменными инструкциями и под наблюдением персонала 2-го или 3-го уровней. В соответствии с областью компетентности, определенной сертификатом, персоналу 1-го уровня работодатель может разрешить:

- а) выполнять настройку оборудования неразрушающего контроля;
- б) проводить контроль;
- в) осуществлять регистрацию и классификацию результатов контроля по документированным критериям;
- г) составлять отчет по результатам контроля.

Персонал, сертифицированный на 1-й уровень, не несет ответственности за выбор метода контроля или оборудования и за оценку результатов контроля.

Специалист, сертифицированный на 2-й уровень квалификации, должен продемонстрировать компетентность проводить неразрушающий контроль в соответствии с утвержденными или признанными методиками. В соответствии с областью компетентности, определенной сертификатом, персоналу 2-го уровня работодатель может разрешить:

- а) выбирать технические приемы неразрушающего контроля для применяемого метода неразрушающего контроля;
- б) определять ограничения применения метода неразрушающего

контроля;

в) перерабатывать стандарты по неразрушающему контролю и технические условия в инструкции;

г) настраивать и проверять настройки оборудования;

д) осуществлять контроль и надзор за контролем;

е) осуществлять расшифровку и оценку результатов в соответствии с применяемыми стандартами, нормами или техническими условиями;

ж) разрабатывать письменные инструкции по неразрушающему контролю;

з) осуществлять все задачи и надзор за специалистами ниже 2-го уровня;

и) руководство персоналом ниже 2-го уровня;

к) организацию и представление отчетов по результатам неразрушающего контроля.

Специалист, сертифицированный на 3-й уровень квалификации, должен продемонстрировать компетентность проводить неразрушающей контроль и руководить операциями неразрушающего контроля, на который он сертифицирован. В соответствии с областью компетентности, определенной сертификатом, персоналу 3-го уровня может быть дано разрешение:

а) принимать на себя полную ответственность за оборудование или экзаменационный центр и персонал;

б) разрабатывать и утверждать инструкции и методики по неразрушающему контролю;

в) разъяснять стандарты, нормы, технические условия и методики;

г) определять применение определенных методов, методик и инструкций по неразрушающему контролю;

д) осуществлять руководство и надзор за персоналом 1-го и 2-го уровней;

е) обеспечивать руководство персоналом неразрушающего

контроля на всех уровнях.

Специалист 3-го уровня должен продемонстрировать компетентность в оценке и толковании результатов в соответствии с существующими стандартами, нормами и техническими условиями; достаточные практические знания о применении материалов, производстве и технологии для выбора методов неразрушающего контроля, утверждения технических приемов неразрушающего контроля и определения критериев приемки, если они не установлены другим способом; общие представления о других методах неразрушающего контроля.

2.4.3 Виды дефектов в структуре материалов

С целью выбора оптимальных методов и параметров контроля производится классификация дефектов по различным признакам: по размерам дефектов, по их количеству и форме, по месту расположения дефектов в контролируемом объекте и т.д. Размеры дефектов могут изменяться от долей миллиметров до сколь угодно большой величины. Практически размеры дефектов лежат в пределах $0,01 \text{ мм} \leq a \leq 1 \text{ см}$.

В ультразвуковой дефектоскопии, например, размер влияет на выбор рабочей частоты.

При количественной классификации дефектов различают три случая (рис. 2.19): а – одиночные дефекты, б – групповые (множественные) дефекты, в – сплошные дефекты (обычно в виде газовых пузырей и шлаковых включений в металлах).

При классификации дефектов **по форме** различают три основных случая (рис. 2.20): а–дефекты правильной формы, овальные, близкие к цилиндрической или сферической форме, без острых краев; б–дефекты чечевицеобразной формы, с острыми краями; в–дефекты произвольной, неопределенной формы, с острыми краями – трещины, разрывы, посторонние включения.

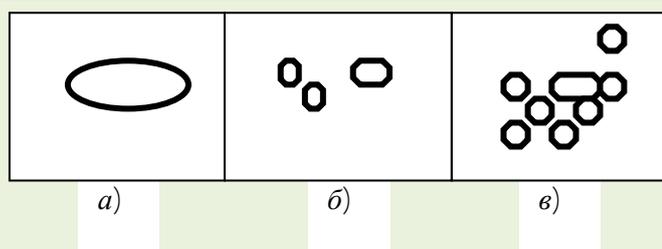


Рис. 2.19. Количественная классификация дефектов:

а — одиночные; б — групповые; в — сплошные

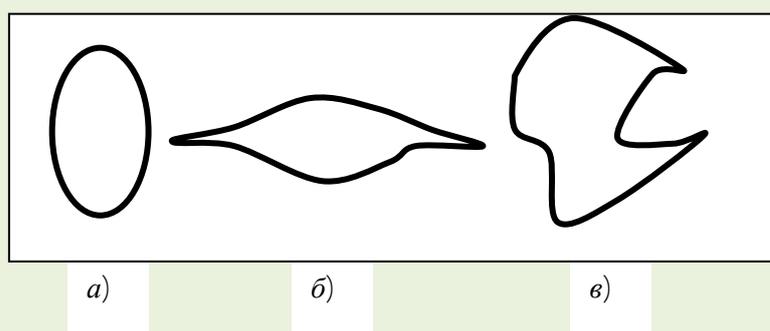


Рис. 2.20. Основные виды дефектов по форме:

а — правильная форма; б — чечевицеобразная форма с острыми краями; в — произвольная, неопределенная форма с острыми краями

Форма дефекта определяет его опасность с точки зрения разрушения конструкции. Дефекты правильной формы, без острых краев, наименее опасны, т.к. вокруг них не происходит концентрации напряжений. Дефекты с острыми краями, как на рис. 2.20, б и в, являются концентраторами напряжений. Эти дефекты увеличиваются в процессе эксплуатации изделия по линиям концентрации механических напряжений, что, в свою очередь, приводит к разрушению изделия.

При классификации дефектов по положению различают четыре случая (рис. 2.21): а—поверхностные дефекты, расположенные на поверхности материала, полуфабриката или изделия,—это трещины, вмятины, посторонние включения; б—подповерхностные дефекты—это дефекты, расположенные под поверхностью контролируемого изделия, но вблизи самой поверхности; в—объемные дефекты—это дефекты, расположенные

внутри изделия. Наличие фосфовидных и нитридных включений и прослоек может привести к образованию дефектов четвертого вида—сквозных.

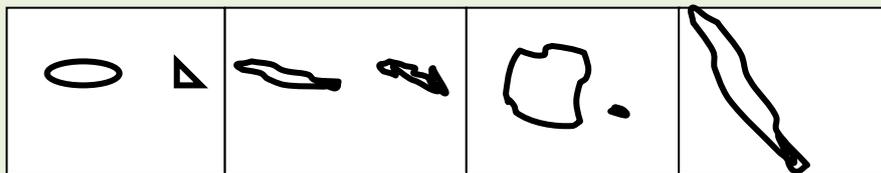


Рис. 2.21. Виды дефектов по положению в контролируемом объекте:

a — поверхностные; *б* — подповерхностные; *в* — объемные

По форме поперечного сечения сквозные дефекты бывают круглые (поры, свищи, шлаковые включения) и щелевидные (трещины, непровары, дефекты структуры, несплошности в местах расположения оксидных и других включений и прослоек).

По величине эффективного диаметра (для дефектов округлого сечения) или ширине раскрытия (для щелей, трещин) сквозные дефекты подразделяются на обыкновенные ($>0,5$ мм), макрокапиллярные ($0,5... 2 \cdot 10^{-4}$ мм) и микрокапиллярные ($<2 \cdot 10^{-4}$ мм).

По форме поперечного сечения сквозные дефекты бывают круглые (поры, свищи, шлаковые включения) и щелевидные (трещины, непровары, дефекты структуры, несплошности в местах расположения оксидных и других включений и прослоек).

По величине эффективного диаметра (для дефектов округлого сечения) или ширине раскрытия (для щелей, трещин) сквозные дефекты подразделяются на обыкновенные ($>0,5$ мм), макрокапиллярные ($0,5... 2 \cdot 10^{-4}$ мм) и микрокапиллярные ($<2 \cdot 10^{-4}$ мм).

По характеру внутренней поверхности сквозные дефекты подразделяются на гладкие и шероховатые. Относительно гладкой является внутренняя поверхность шлаковых каналов. Внутренняя поверхность трещин, непроваров и вторичных поровых каналов, как правило, шероховатая. Положение дефекта влияет как на выбор метода контроля, так и на его параметры. Например, при ультразвуковом контроле положение

дефекта влияет на выбор типа волн: поверхностные дефекты лучше всего определяются рэлеевскими волнами, подповерхностные—головными волнами, а объемные—объемными (продольными) волнами. Опасность влияния дефектов на работоспособность зависит от их вида, типа и количества. Классификация возможных дефектов в изделии позволяет правильно выбрать метод и средства контроля.

2.4.3.1 Дефекты металлоизделий

Большинство технических металлических материалов являются поликристаллическими, т.е. состоят из многих отдельных кристаллитов, примыкающих друг к другу без зазоров. Кристаллы в поликристаллах, в отличие от свободно выращенных, не имеют правильной геометрической формы и называются кристаллитами или зернами. Их наблюдают на специально приготовленных и протравленных шлифах с помощью оптического микроскопа. Диаметры зерен могут иметь размеры от нескольких микрометров до нескольких миллиметров; границы между ними называют границами зерен. Внутри каждого зерна атомы располагаются в правильном геометрическом порядке, который можно проиллюстрировать на моделях пространственных решеток (элементарных ячеек). На рис. 2.22 размеры решетки по сравнению с размерами зерна слишком велики; в действительности период решетки составляет около 0,00001 диаметра зерна.

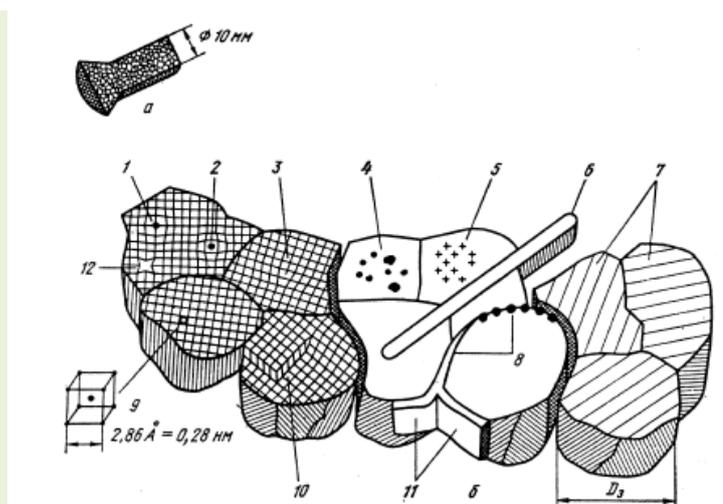


Рис. 2.22. Структура поликристаллического металлического сплава на примере стальной заклепки:

a –металлографический шлиф заклепки; *б*–структура металла: 1, 2– примесные (чужеродные) атомы замещения и внедрения соответственно; 3– краевая дислокация; 4–некогерентные выделения; 5–когерентные выделения; 6–тугоплавкие примесные включения; 7–линии скольжения; 8–выделения по границам зерен; 9–элементарная ячейка железа; 10–винтовая дислокация; 11–пленочные выделения по границам зерен; 12–вакансия; *D*– диаметр зерна

В зернах всегда имеются дефекты кристаллического строения, основными из которых являются дислокации. Металлы могут растворять примесные (инородные) атомы, которые как бы встраиваются в решетку металла по типу замещения или внедрения. Незанятые места в кристаллической решетке (в ее узлах) носят название вакансий. Кристаллиты с одинаковым химическим составом и кристаллической структурой представляют собой фазу. Чистые металлы всегда являются однофазными. В большинстве случаев сплавы состоят из нескольких фаз. Различные фазы образуются в процессе охлаждения из расплава или в результате последующей термической обработки вследствие изменения растворимости элементов с изменением температуры. Если решетка металла содержит больше примесных атомов, чем может раствориться при данной температуре, то из такого пересыщенного твердого раствора выделяются

разной степени дисперсные частицы, называемые фазами выделений. Когерентные выделения характеризуются сопряжением их решетки с решеткой основного металла–матрицы. Некогерентные выделения образуют с матрицей межфазные границы. Преимущественным местом образования фаз выделений являются границы зерен. Выделения по границам зерен могут либо образовывать сплошные оболочки вокруг зерен, либо располагаться в этих местах прерывисто. Тугоплавкие фазы, которые в виде твердых частиц находятся в металлическом расплаве, в образующейся при затвердевании зернистой структуре распределены беспорядочно.

В структуре металлов различают следующие дефекты обработки: усадочные раковины, корочки, трещины, пузыри, завороты корки, плены, ликвации, литейные подрезы, неметаллические включения (волосовины, флокены) и др. Так, например, усадочная раковина (рис. 2.23)–представляет собой полость, образовавшуюся вследствие уменьшения объема жидкого металла при его затвердевании. Внутренняя поверхность усадочной раковины неровная, с мелкими выступами и впадинами. В открытой раковине поверхность покрыта пленкой оксидов вследствие контакта металла с воздухом. В усадочной раковине скапливаются металлические включения, всплывающие из жидкого металла на его поверхность.

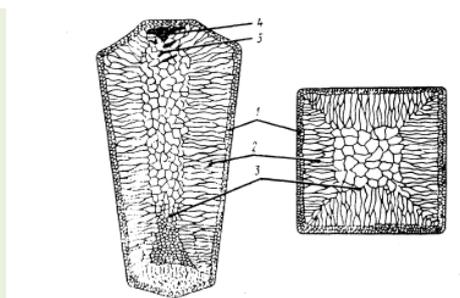


Рис. 2.23. Структура слитка:

1–мелкозернистая корка; 2–зона столбчатых кристаллитов; 3–зона равноосных кристаллитов; 4–усадочная раковина; 5–рыхлоты («хвост»)

Причина образования усадочной раковины–уменьшение объема металла при затвердевании. При разливке стали в изложницы, расширяющиеся кверху, усадочная раковина образуется в центре верхней

части слитка, а при разливке в изложницы, расширяющиеся книзу—в нижней части слитка. При электрошлаковом, вакуумно-дуговом и электронно-лучевом переделах усадочную раковину выводят в верхнюю часть слитка. Усадочная раковина при этих процессах менее развита, чем при разливке металла в изложницы.

Пузыри в литом металле представляют собой полости (округлые, овальные или продолговатые—в виде каналов), образовавшиеся в результате выделения газов при кристаллизации. По расположению в слитках и литых слябах пузыри могут быть:

- а) внутренние, расположенные произвольно;
- б) подкорковые, расположенные у поверхности слитков и представляющие собой тонкие извилистые каналы (рис. 2.24);
- в) поверхностные.

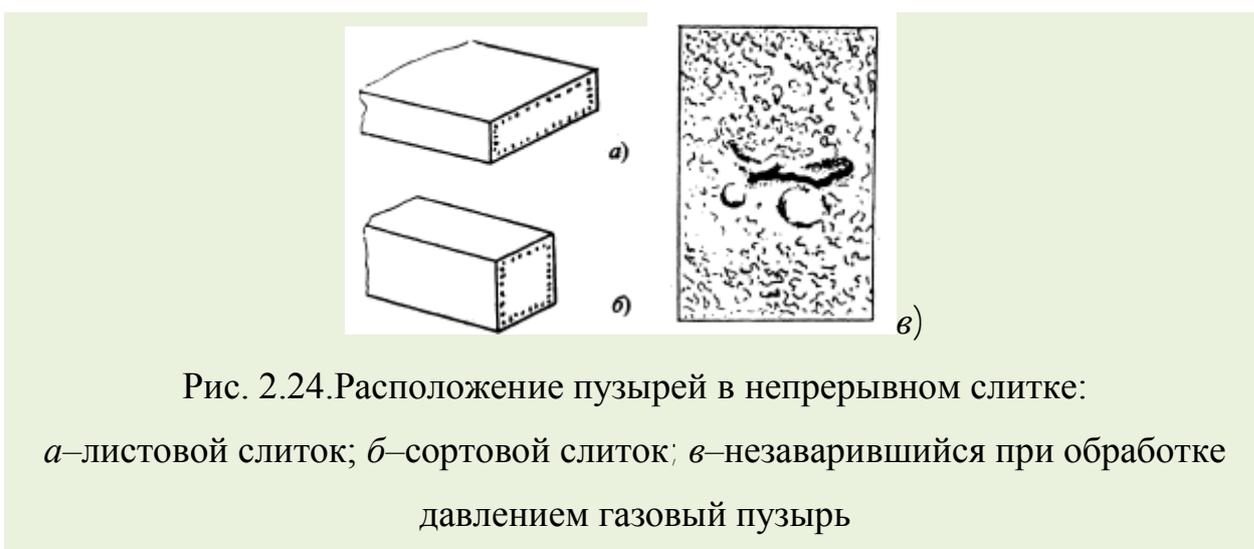


Рис. 2.24. Расположение пузырей в непрерывном слитке:

а—листовой слиток; *б*—сортовой слиток; *в*—незаварившийся при обработке давлением газовый пузырь

На поперечных шлифах не заварившиеся пузыри имеют вид полосок различной толщины (рис. 2.24, *в*). В микроструктуре в этом случае наблюдаются прослойки включений, соответствующие стенкам пузырей. В деформированном металле дефект представляет собой разрывы или частичное отслоение, образовавшееся в результате раскатки завернувшихся корок или брызг. Типичный вид раскатанной корки в микроструктуре приведен на рис. 2.25. На микрошлифе в зоне дефекта отсутствуют крупные скопления неметаллических включений.

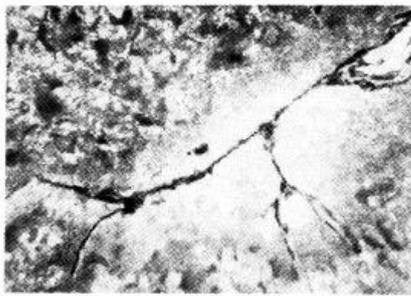


Рис. 2.25. Микроструктура стального слитка в зоне заворота корки

Трещины представляют собой нарушения сплошности в виде разрывов металла. Образование трещин в непрерывном слитке связано с напряжениями, возникающими в процессе его формирования, и обусловлено пониженной прочностью и пластичностью металла в различных температурных интервалах. Межкристаллитные трещины представляют собой тонкие нарушения сплошности, образующиеся по границам кристаллитов при низкой прочности этих границ. Причиной образования межкристаллитных трещин являются усадочные напряжения (термические и структурные) в участках металла, затвердевающего в последнюю очередь при малой прочности связи между кристаллитами, которая особенно резко проявляется в присутствии на их границах неметаллической фазы.

Плены–пленки на поверхности или внутри отливки, состоящие из окислов, часто с включением формовочного материала. Ликвация представляет собой неоднородность сплавов по составу, образующуюся при их затвердевании. Ликвацией называется также процесс создания такой неоднородности. Инородные, металлические включения отличаются по составу и структуре от основного металла и попадают в него из внешних источников, которые могут быть весьма разнообразными: ферросплавы и лигатуры, затонувшие куски прутков или маркировочных дужек, куски электродов. Маркировочные дужки попадают в слиток из прибыльной части; в случае раннего погружения дужки в металл, высокой температуры металла и шлака концы дужки подплавляются и погружаются в тело слитка, захватывая с собой и шлак (рис. 2.26).

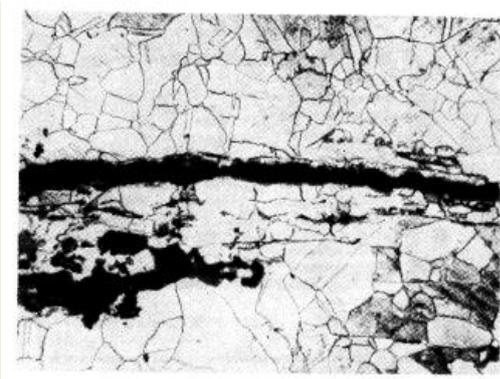


Рис. 2.26. Шлаковое включение в зоне дефекта от расплава дужки ($\times 100$)

Инородные металлические включения обнаруживаются при контроле микроструктуры или при ультразвуковом контроле. Неметаллические включения (загрязнения) бывают двоякого рода и происхождения: включения неметаллических частиц, попавших в металл извне (шлак, огнеупор, графит, песок); включения частиц оксидов, сульфидов, силикатов, нитридов, образующихся внутри металла, вследствие химического взаимодействия компонентов при расплавлении и заливке сплава. Они располагаются в виде цепочек или сетки преимущественно по границам зерен; по форме бывают округлые и удлиненные; могут служить источниками зарождения трещин.

Воздействие эксплуатационных нагрузок, окружающей среды (температура, влажность, пары кислот, щелочей, агрессивных компонентов топлива и т.п.), фазовые и структурные превращения, протекающие во времени в условиях воздействия эксплуатационных факторов при неблагоприятных сочетаниях могут вызвать зарождение и развитие эксплуатационных повреждений (коррозионные язвы, питтинги, фреттинг-коррозия, трещины). Причины возникновения—износ, усталость, коррозия деталей, неправильная эксплуатация.

Эксплуатационные дефекты в условиях воздействия статических нагрузок—трещины однократного нагружения, вязкие трещины, хрупкие трещины, трещины ползучести. Характер разрушения в значительной степени определяется и уровнем действующих напряжений. В алюминиевых сплавах при относительно низком уровне напряжений излом в зоне

замедленного разрушения практически полностью межзеренный, при повышенных напряжениях—смешанный. Так, например, под влиянием растворенного водорода металлы могут настолько охрупчиваться, что уже при приложении малого растягивающего напряжения образуются трещины. Источниками поступления водорода могут явиться термическая диссоциация воды при металлургических процессах (литье, сварка), диссоциация газов, коррозия, гальванические процессы и т.п. При диффузии водорода извне границы зерен оказываются наиболее благоприятными путями диффузии; они тем самым вносят преимущественный вклад в охрупчивание. Другими благоприятными путями проникновения водорода являются также поры и неметаллические включения.

Для длительного высокотемпературного нагружения типично межзеренное разрушение, однако не исключено и внутризеренное разрушение, возможность которого определяется скоростью деформирования и температурой. С повышением температуры переход от внутризеренного к межзеренному разрушению смещается в область более высоких скоростей деформирования. Большое влияние на характер разрушения оказывает размер зерен и их разнотернистость. Для материала с разнородным зерном характерно межзеренное разрушение в области малых зерен и внутризеренное—более хрупким.

Особенно опасный вид коррозионного разрушения—коррозионное растрескивание, происходящее при одновременном воздействии статических растягивающих напряжений (внешних и внутренних) и коррозионной среды. При этом наблюдается хрупкое разрушение и оно направлено перпендикулярно действию растягивающих напряжений. Особенностью трещин при коррозионном растрескивании является их сильная разветвленность (рис. 2.27).

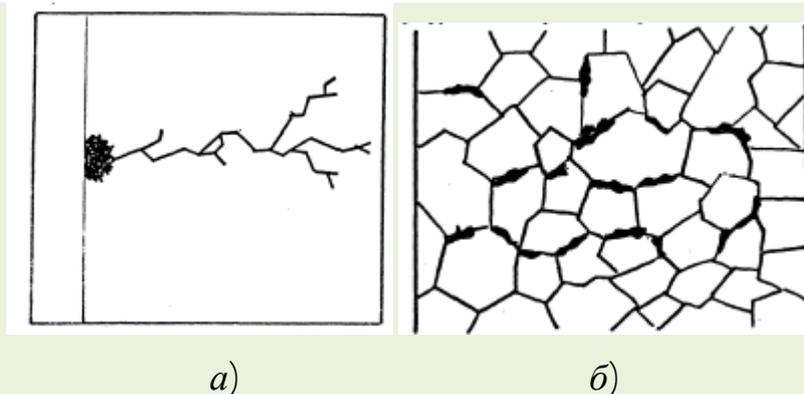


Рис. 2.27. Межкристаллитная коррозия:

a –разветвленность коррозии по границам зерен; *б*–коррозионное растрескивание

Детали машин в эксплуатации подвергаются воздействию вибрационных или переменных нагрузок, и детали начинают работать при совпадении частот собственных колебаний с частотой возбуждающей силы. Процесс постепенного накопления повреждений материала под действием переменных напряжений, приводящий к изменению свойств, образованию трещин, их развитию и разрушению называется усталостью.

При многоцикловой (классической) усталости усталостные повреждения происходят, в основном, при упругом деформировании. В случае упругопластического деформирования при циклическом нагружении принято говорить о малоцикловой усталости. Частным случаем усталостного разрушения является разрушение от действия повторно-статических нагрузок, при котором деформирование происходит в пластической области.

Разрушение материалов в результате действия повторно приложенных нагрузок и коррозионной среды называют коррозионно-усталостным разрушением. С увеличением напряжения увеличивается роль механического фактора, с уменьшением напряжения и увеличением агрессивности среды – коррозионного. Одновременное действие коррозионной среды и переменного напряжения оказывают более сильное влияние, чем их суммарное, но

раздельное действие. Разрушение при коррозионной усталости может начаться при напряжениях значительно ниже предела выносливости.

От этих очагов может практически одновременно начаться развитие многих трещин. Коррозионно-усталостные трещины—это в большинстве случаев многочисленные трещины, разветвляющиеся по мере роста и заканчивающиеся пучками, напоминающими корневую систему растений. Они менее ориентированы, чем при усталостном разрушении без коррозионного влияния среды. При коррозионно-усталостном нагружении, разрушение может проходить как по границам, так и по телу зерен.

Трещины контактной усталости представляют собой контактные усталостные выкрашивания, образующиеся на поверхности металлических деталей при многократном приложении контактных нагрузок и относительном возвратно-поступательном движении. Поверхностные контактные разрушения—фреттинг-коррозия или контактная усталость являются не полными разрушениями деталей, а сочетаниями многочисленных, часто очень мелких сколов.

В условиях переменного контакта на поверхностях деталей образуются развальцованные языки, более твердые по сравнению с основным материалом из-за деформационного упрочнения. Сильная развальцовка языков может привести к образованию следов сдвига, которые могут быть местами зарождения усталостных трещин.

Разрушения под действием термических напряжений происходят только вследствие теплового градиента без приложения внешней механической нагрузки. Резкие одноразовые изменения температуры приводят к возникновению так называемых термоударных трещин. В участках изделия, примыкающих к поверхности, при охлаждении возникают растягивающие напряжения, в глубине изделия—сжимающие. В начальной стадии напряжение в резко охлажденном тонком внешнем слое очень велико, поскольку зоны материала, расположенные в глубине, допускают деформацию только в ограниченной степени.

При воздействии ионизирующих излучений (рентгеновское, α , β , γ , протонное, нейтронное) на конструкционные материалы последние получают соответствующие повреждения, определяемые количеством энергии, поглощенной материалом. К числу таких радиационных повреждений относятся: вакансии, внедренные атомы, примесные атомы, термические пики, ионизационные эффекты.

Вакансия представляет собой узел решетки, в котором в результате взаимодействия с излучением отсутствует атом, образуется в твердых телах при столкновениях быстрых нейтронов, осколков деления ядер и других быстрых частиц с атомами решетки. Внедрившиеся в междоузлия атомы– атомы, сместившиеся из своих устойчивых положений в решетке. Примесные атомы образуются в результате ядерных реакций, протекающих при захвате нейтронов ядром атома (радиационное легирование). Внедряясь в решетку облучаемого вещества, они могут значительно изменять его свойства. Термические пики обусловлены колебаниями узлов решетки вдоль пути движения быстрых частиц либо заряженных, выбитых со своего места атомов решетки. В локальных объемах ($\approx 10^{-17} \text{ см}^3$) возникают большие перегревы (до 10^3 К). Ионизационные эффекты наблюдаются, когда ионизирующие излучения, проходя через вещество, вызывают в нем ионизацию, следствием чего является разрыв химических связей, образование радикалов и т.д. Облучение металлов увеличивает подвижность атомов и ускоряет фазовые и структурные превращения. Посредством трансмутационной реакции происходит образование гелия (плохо растворяющегося в твердом состоянии в металлах), что может привести к появлению пузырей на границах зерен. Образующийся при облучении водород способствует охрупчиванию металлов. Слияние вакансий способствует формированию пустот (радиационная пористость) и вызывает заметное разбухание и коробление металла. Физические и химические неоднородности (различного типа дефекты, примесные атомы), возникающие при облучении металлов, существенным образом изменяют их свойства

(возрастает удельное электросопротивление; повышается склонность к коррозионному растрескиванию; металлы охрупчиваются: предел текучести, предел прочности, твердость возрастают, пластичность снижается; падает значение длительной прочности). Для исследования металлов, поврежденных наличием радиационных дефектов, наиболее чувствительным является метод измерений электросопротивления.

2.4.3.2 Дефекты в полупроводниках

Основными дефектами полупроводниковых материалов являются точечные дефекты–вакансии, междоузельные атомы, дефекты по Шоттки, Френкелю, атомы примеси; линейные, двумерные и трехмерные–дислокации. Рассмотрим различные точечные дефекты, схематически изображенные на рис. 2.28.

Отсутствие атома в некотором узле кристаллической решетки называют вакансией. Часто вакансия появляется при кристаллизации–случайно один узел оказывается пустым, и, если следующий слой атомов закрывает подход атомов из раствора или расплава к пустому узлу-вакансии, то узел может оказаться пустым. Вакансию часто называют–дефект по Шоттки. Атом может разместиться не в узле кристаллической решетки, а в промежутке между атомами–междоузлии, такой дефект называют междоузельным атомом. Появляется междоузельный атом, как и вакансия, часто при кристаллизации–случайно один из атомов в результате теплового движения попадет в промежуток между соседними атомами, и, если его место займет какой либо другой атом, то междоузельный атом так и останется в новом ненормальном положении. Часто вакансия и междоузельный атом возникают парами, в этом случае один из атомов перескакивает из узлового положения в соседнее междоузлие. Причиной такого перескока может быть тепловое движение при сравнительно высоких температурах, порядка температуры плавления, или выбивание атома

быстродвижущейся частицей (радиационный дефект). Такая пара дефектов называется дефектом по Френкелю.

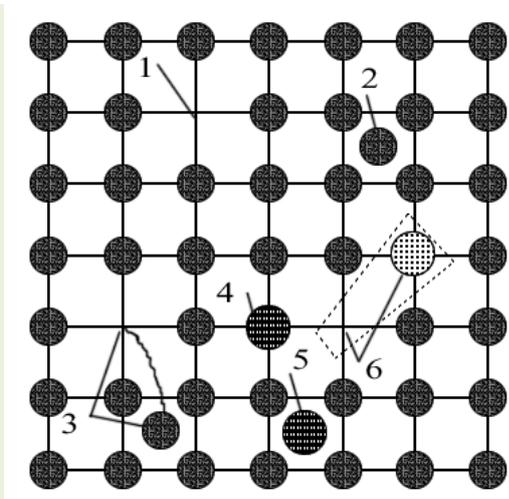


Рис. 2.28. Типы точечных дефектов:

1–вакансия; 2–межузельный атом; 3–дефект по Френкелю; 4–примесный атом замещения; 5–примесный атом внедрения; 6–атом замещения большей валентности

Один из атомов может быть замещен атомом примеси (см. рис. 2.28), при этом также получается дефект, называемый примесным атомом замещения. Примесный атом может разместиться и в междоузлии, как бы внедрившись в него. Часто атомы примеси, отличающиеся валентностью от атомов кристалла, обуславливают появление вакансий, как это происходит в кристаллах KCl при добавлении к нему Ca , так, что кристалл в целом остается нейтральным.

Точечные дефекты оказывают наиболее значительное влияние на скорость диффузии в кристаллах и на электропроводность в диэлектрических кристаллах. Остановимся, прежде всего, на возможных механизмах диффузии в кристаллах. Атомы в кристаллах могут перескакивать из одного положения в другое. Возможные варианты таких перескоков изображены на рис. 2.29. Два или четыре атома могут поменяться местами. Основными механизмами диффузии в твердых телах считают вакансионный, связанный с перегруппировками атомов вблизи вакансий

и межузельный, связанный с перемещениями, как правило, сравнительно мелких атомов по междоузлиям.

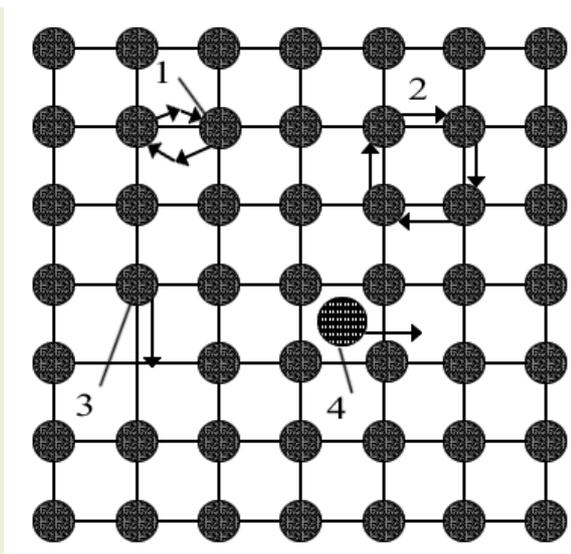


Рис. 2.29. Наиболее распространенные механизмы диффузии атомов в кристаллах:

1—обмен местами двух соседних атомов; 2—обмен местами нескольких соседних атомов; 3—перескок атома в вакансию; 4—перескоки межузельных атомов в соседние междоузлия

Диффузию в твердых телах в настоящее время наиболее эффективно изучают с использованием «меченых атомов». Для таких исследований на поверхность вещества наносят определенное количество радиоактивных меченых атомов. Затем образец выдерживается при заданной температуре в течение времени достаточного для диффузии «меченых атомов» на глубину порядка 0,3–1 мм. Затем измеряется активность образца. После удаления шлифованием слоя вещества заданной толщины снова измеряется активность образца, и так несколько раз. Таким образом, можно определить среднюю глубину проникновения «меченых атомов» в вещество и вычислить коэффициент диффузии при заданной температуре.

В некоторых случаях (точечные дефекты—примесные атомы группируются, образуя выделения новой фазы). Перечисленные процессы называют залечиванием дефектов. Часто проводят специальную термообработку, состоящую в длительных выдержках детали при постепенно

понижающейся температуре, имеющие целью ускорить залечивание дефектов. После такой термообработки количество дефектов меньше меняется впоследствии, а значит, меньше изменяются и свойства материала в процессе его эксплуатации. По таким схемам обрабатывают, например, калиброванные электросопротивления точных приборов, постоянные магниты и т.п.

Влияние точечных дефектов на электропроводность связано с наличием донорных или акцепторных примесей, которые увеличивают проводимость диэлектрика по тем же механизмам что и полупроводников.

Число вакансий в единице объема можно оценить по сопоставлению результатов точного определения параметра решетки рентгеновским методом и точного определения плотности вещества как отношения его массы к объему. Метод основан на том, что вакансии крайне мало изменяют параметр решетки, но увеличивают объем кристалла, а значит, уменьшают его плотность. Таким же способом, но с меньшей точностью, можно определить число межузельных атомов в единице объема, поскольку межузельные атомы несколько увеличивают плотность кристалла и слабее изменяют его параметр решетки. Если в кристалле присутствуют и вакансии и межузельные атомы, то описанным методом можно лишь оценить разность чисел вакансий и межузельных атомов в единице объема. Аналогично, плотность дефектов по Френкелю этим методом точно определить не удастся.

Рассмотренные выше измерения электросопротивления и диффузии, а также измерения коэффициента поглощения различных электромагнитных излучений позволяют изучать точечные дефекты в кристаллах.

2.4.3.3 Дефекты полимерных материалов

Защитные и эстетические свойства пленки могут быть уничтожены дефектами. На их предотвращение и устранение уходит огромное количество

времени и средств. Многих трудностей можно избежать, если обладать простыми, доступными знаниями и использовать их.

В полимерных материалах (пленочных покрытиях) наиболее часто встречаются следующие дефекты:

- сорность и механические включения–посторонние частицы (в том числе другого цвета), волокна, соринки и т.п.;
- шагрень–рельеф поверхности в виде ряби;
- волнистость–повторяющиеся волнообразные видимые глазом изменения толщины покрытия;
- потеки–утолщения, как правило, по нижней части окрашиваемой поверхности, у отверстий, выступов;
- кратеры–макроскопические круглые углубления;
- проколы–мелкие круглые сквозные или глубокие отверстия в покрытии;
- пузыри–повышенное количество пор, «вскипание порошкового материала»;
- изменение цвета, разнооттеночность–пятна различных оттенков;
- неоднородность рисунка (для структурированных покрытий)–нарушение размеров и формы элементов рисунка;
- трещины (характерно для покрывных лаков)–«мелкая сетка», тонкие трещины, не проникающие на всю глубину покрытия, распределенные по всей поверхности;
- газовые раковины, газовые включения–дефект, напоминающий кратеры с отслаиванием покрытия на данном участке;
- непрокрас–отсутствие или малая толщина покрытия на отдельных участках;
- слабая адгезия–отслаивание покрытия по поверхности изделия.

Неравномерность распределения покрытия, которое также называют стягиванием, представляет собой общий эффект каплеобразования: твердая подложка обладает слишком слабой поверхностной энергией, чтобы жидкая

краска, имеющая определенное поверхностное натяжение, могла покрыть эту подложку. В результате жидкая краска не смачивает поверхность, а стягивается и образует капли. При этом большая часть подложки остается незащищенной, рис. 2.30.

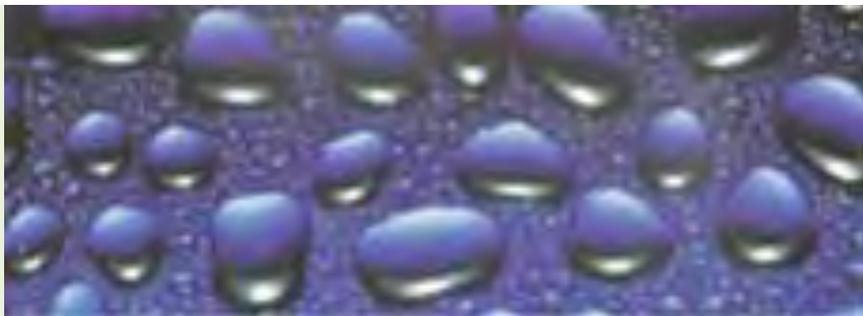


Рис. 2.30. Неравномерность покрытия полимерного материала (жидкая краска стягивается на твердой подложке)

В целом, можно сказать, что смачивание становится более важным в тех случаях, когда подложка обладает слабой поверхностной энергией (например, в пластмассах) и/или когда поверхностное натяжение жидкой краски высокое.

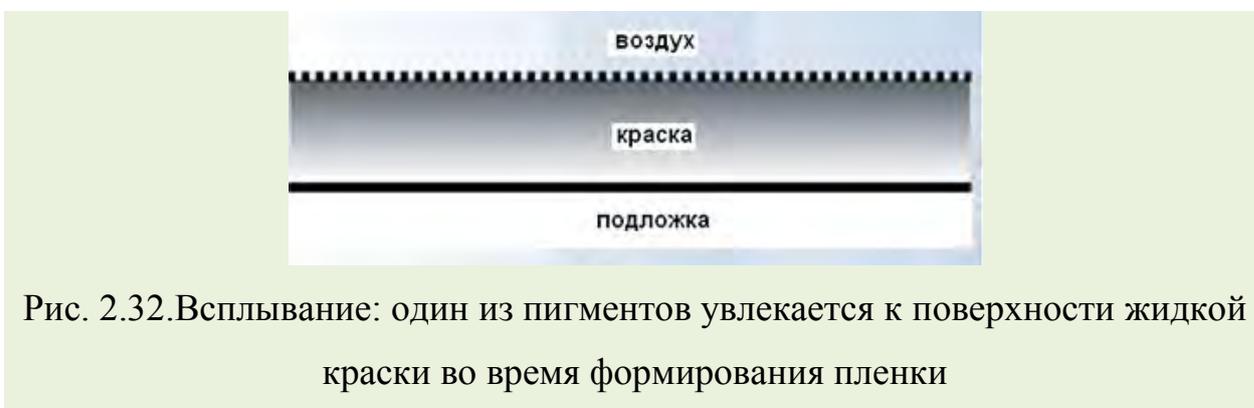
Образование кратеров—это явление на поверхности раздела, которое может возникнуть как в воздухе, находящемся в покрытии раздела, так и в покрытии для подложки раздела. Это один из видов течения жидкости, которое вызывается отклонениями в поверхностном натяжении. Эти отклонения появляются в тех случаях, когда в жидкой краске присутствуют материалы с низким поверхностным натяжением (то есть, гидрофобные) и слабо смешивающиеся с краской. Жидкость течет из зоны со слабым поверхностным натяжением и покрывает зону с более высоким поверхностным натяжением, рис. 2.31.



Рис. 2.31. Образование кратеров (гидрофобный загрязнитель инициирует течение жидкости)

Чаще всего причинами появления кратеров становятся капли гидрофобного загрязнителя, например смазочного масла или пеногасителя. Образование кратеров можно предотвратить посредством удаления несовместимых гидрофобных загрязнителей.

Всплывание представляет собой дефект пленки, который возникает в результате испарения растворителей. Он приводит к неравномерному распределению пигментов на сухой пленке. При очень быстром испарении растворителей появляются серьезные отклонения в уровне температуры и составе. Прямым результатом отклонений становится течение жидкости к верхней части пленки, откуда испаряется растворитель и где температура вследствие испарения является наиболее низкой. Слабо стабилизированные мобильные пигменты могут быть увлечены жидкостью. Если пигменты обладают различной мобильностью, то происходит разделение, которое начинается в верхней части пленки и идет вниз. Отклонение в составе пленки формируется на всем ее протяжении, рис. 2.32.



Всплывание может быть обнаружено, когда пигменты изменяют цвет. Пена уже может присутствовать в краске до ее нанесения. Также она может появиться во время нанесения. Очень часто воздух может попасть в краску при очистке щеткой или обрызгивании. Специалисты, занимающиеся составлением покрытий, стремятся разработать краску, которая прекращает пениться после нанесения и продолжения процесса формирования пленки. На процессы формирования, стабилизации и высвобождения пены сильно влияют два аспекта. Во-первых, пенные пузыри могут быть стабилизированы добавками, обладающими поверхностно-активной (мыльной) структурой.

В наиболее значительной степени от этой проблемы страдают краски на водной основе. Вторым важным аспектом является вязкость краски. Несмотря на высокий уровень вязкости, пенные пузыри потенциально способны переместиться к поверхности пленки, где могут лопнуть. Тем не менее, появившаяся в результате дыра не может выровняться, если вязкость пленки слишком высока, рис. 2.33.



Рис. 2.33. Пена (дыры, оставшиеся в пленке после высвобождения воздуха в процессе формирования пленки, не выровнялись)

Существует несколько способов предотвращения пенообразования в пленках. Во-первых, следует максимально возможным образом предотвращать проникновение воздуха в краску во время производства, обработки и нанесения. Во-вторых, следует минимизировать использование поверхностно-активных веществ.

2.4.4 Оптические методы контроля

Современные методы оптического контроля основаны на взаимодействии светового излучения с поверхностью контролируемого объекта. По характеру взаимодействия различают методы прошедшего, отраженного, рассеянного и индуцированного излучений (под последним имеется в виду оптическое излучение предмета под действием внешнего воздействия, например люминесценцию). Информативными параметрами методов являются амплитуда, фаза, степень поляризации, частота или частотный спектр, время прохождения света через объект, геометрия преломления или отражения излучения. Оптические методы широко

применяют из-за большого разнообразия способов получения первичной информации о наличии наружных дефектов независимо от материала контролируемого изделия.

Глаз человека исторически являлся основным контрольным прибором в дефектоскопии. Глазом контролируют исходные материалы, полуфабрикаты, готовую продукцию, обнаруживают отклонения формы и размеров, изъяны поверхности и другие дефекты в процессе производства и эксплуатации: остаточную деформацию, пористость поверхности, крупные трещины, подрезы, риски, надирь, следы наклепа, раковины и т.д. Однако возможности глаза ограничены, например, при осмотре быстро перемещающихся объектов или удаленных объектов, находящихся в условиях малой освещенности. Даже при осмотре предметов, находящихся в покое на расстоянии наилучшего зрения в условиях нормальной освещенности, человек может испытывать трудности из-за ограниченной разрешающей способности и контрастной чувствительности зрения.

Для расширения возможностей глаза используют оптические приборы. Они увеличивают угловой размер объекта, при этом острота зрения и разрешающая способность глаза увеличиваются примерно во столько же раз, во сколько увеличивает оптический прибор. Это позволяет увидеть мелкие дефекты, невидимые невооруженным взглядом, или их детали. Однако при этом существенно сокращается поле зрения и глубина резкости, поэтому обычно используются оптические приборы с увеличением не более 20–30^x.

Оптические приборы–эндоскопы позволяют осматривать детали и поверхности элементов конструкции, скрытые близлежащими деталями и недоступные прямому наблюдению. Визуальный контроль с использованием оптических приборов называют визуально-оптическим. Визуально-оптический контроль и визуальный осмотр–наиболее доступный и простой метод обнаружения поверхностных дефектов деталей. Основные преимущества этого метода–простота контроля, несложное оборудование,

сравнительно малая трудоемкость. К недостаткам следует отнести низкую достоверность и чувствительность, поэтому такой метод контроля применяют в следующих случаях: для поиска поверхностных дефектов (трещин, пор, открытых раковин и т.п.) при визуально-оптическом контроле деталей, доступных для непосредственного осмотра, а также более мелких трещин при цветном, капиллярном, люминесцентном, магнитопорошковом и рентгенографическом контроле; для обнаружения крупных трещин, мест разрушения конструкций, течей, загрязнений, посторонних предметов внутри закрытых конструкций; для анализа характера и определения типа поверхностных дефектов, обнаруженных при контроле каким-либо другим методом дефектоскопии (акустическим, токовихревым, и т.д.). Следует помнить, что дефекты даже относительно больших размеров, невидимые невооруженным глазом из-за малого контраста с фоном, при использовании оптических приборов, как правило, не обнаруживаются. При этом рассматриваются такие спектральные характеристики, как коэффициент спектрального излучения и поглощения, спектральный коэффициент пропускания, отражения и показатель преломления. Рефрактометрия, интерферометрия, лазерные и голографические методы контроля также называются оптическими методами контроля.

По виду приемника лучистой энергии различают три группы оптических приборов: визуальные, детекторные и комбинированные. У визуальных приборов приемник—глаз. Это обзорные эндоскопы, лупы, микроскопы и т.п. К детекторным приборам относятся приборы, в которых приемником служат различные детекторы: химические реагенты (фотоэмульсии), люминесцирующие вещества, спектрометры и т.д. Комбинированные приборы пригодны для обзора объекта визуально и с помощью детектора. По назначению приборы визуально-оптического контроля (ВОК) делятся на три группы:

- 1) приборы для контроля мелких близкорасположенных объектов, находящихся от глаз контролера в пределах расстояния наилучшего зрения

$l \leq 250$ мм (лупы, микроскопы);

2) приборы для контроля удаленных объектов ($l > 250$ мм) – телескопические лупы, бинокли, зрительные трубы;

3) приборы для контроля скрытых объектов (эндоскопы, бороскопы, перископические дефектоскопы).

Различают также приборы цехового назначения и приборы полевого использования. Приборы цехового назначения применяются при постоянной температуре от $+15^{\circ}\text{C}$ до $+20^{\circ}\text{C}$, нормальном атмосферном давлении, невысокой влажности.

Приборы полевого назначения должны работать в условиях температуры от -55°C до $+60^{\circ}\text{C}$, при тряске, вибрациях, при осадках и т.д. В защитном корпусе (ящике) должны быть предусмотрены устройства для прочного крепления всех деталей приборов ВОК, полости приборов должны быть надежно защищены от проникновения влаги, выполнены из коррозионно-стойких материалов и иметь атмосферостойкие защитные покрытия. Приборы должны иметь малую массу, быть пригодными к переноске, иметь удобно расположенные ручки панели управления. Должны быть предусмотрены устройства для уменьшения отрицательного влияния рассеянного света (бленды, диафрагмы, светопоглощающая отделка деталей). Применяют наглазники (налобники), защищающие глаза от попадания постороннего света и снижающие утомляемость глаз.

Большое значение имеют внешний вид и форма прибора, особенно эндоскопа. Он не должен иметь выступающих элементов и резких переходов в сечении погружаемой части, затрудняющих ввод в проверяемый механизм и вывод его оттуда. Достоверность визуально-оптического контроля определяется многими факторами, среди которых большое значение имеют условия труда. Рабочее место должно быть рассчитано, как правило, на работу сидя. Вентиляция, отопление, освещение должны обеспечивать комфортные условия труда. Освещенность на рабочем месте для контроля и система искусственного освещения выбираются в зависимости от цвета

и яркости проверяемых деталей, размеров отыскиваемых дефектов и их контраста с фоном. Лампы для местного освещения необходимо размещать так, чтобы прямые лучи не попадали в глаза контролера. Край плафона или отражателя должен размещаться несколько ниже уровня глаз контролера. Материал и цвет покрытия рабочего стола выбирают так, чтобы уменьшить яркостные контрасты в поле зрения контролера и ускорить переадаптацию при чередовании наблюдения деталей и фона, а также не допустить слепящего действия света, отраженного от покрытия. Поверхность стола не должна быть белой, ее нельзя покрывать стеклом. Цвет основных поверхностей рабочего помещения должен обеспечивать оптимальные условия труда контролера. Для глаза наиболее приятны светлые тона желтой, зеленой и частично голубой зон спектра при слабой и средней их насыщенности. Потолки и верхнюю часть стен можно окрашивать в белый цвет.

Для контроля близко расположенных деталей (находящихся на расстоянии не более 250 мм от глаз контролера) используют лупы и микроскопы различного типа (рис. А.1 приложения А). Лупы и микроскопы позволяют обнаруживать трещины различного происхождения, поверхностные коррозионные повреждения, забоины, открытые раковины, поры, надиры, риски и дефекты лакокрасочных и гальванических покрытий. При анализе характера дефектов эти приборы позволяют отличать усталостные трещины от горячих, трещины—от рисков, заусенцев, сколов окисной пленки и т.д. Лупы и микроскопы, используемые при капиллярном и магнитопорошковом контроле, позволяют обнаруживать более мелкие, чем без применения оптических средств, трещины, непровары, волосовины, расслоения и другие дефекты.

Так комплект визуально-измерительного контроля ВИК-1 согласно РД 34.10.130 предназначен для визуального и измерительного контроля качества металла, подготовки деталей к сварке, сборки соединений деталей (сборочных единиц, изделий) под сварку, сварных соединений и наплавки,

изготовления деталей и сборочных единиц, исправления дефектов в сварных соединениях и основном металле, который выполняется на стадиях входного контроля основного материала, изготовления (монтажа, ремонта) деталей, сборочных единиц и изделий и при техническом диагностировании состояния металла и сварных соединений в процессе эксплуатации, в т.ч. по истечении расчетного срока службы изделия. В состав комплекта помимо прочего входят лупы: ЛП-3,5 с подсветкой; ЛП-7 асферическая; ЛП-4 складная; измерительная ЛИ-10 (десятикратная) для измерения линейных размеров плоских предметов с помощью шкалы, выполненной на стеклянной пластине и др. Обычно осмотр деталей проводят с помощью луп с фокусным расстоянием от 125 до 12,5 мм и увеличением от 2 до 20^x. Микроскопы существенно снижают поле зрения и используются с увеличением от 8 до 40–50^x. Увеличение микроскопов, используемых при осмотре деталей, несущественно превышает увеличение луп. Но даже при одинаковом увеличении эффективность применения микроскопа выше лупы из-за хорошего качества изображения и большего рабочего расстояния.

Для контроля удаленных объектов используются телескопические приборы прямого зрения–телескопические лупы, зрительные трубы, бинокли (рис. А.2 приложения А). Такие приборы применяют для контроля деталей сложной формы (с глубокими выемками, отверстиями, пазами), а также деталей и силовых элементов конструкций, находящихся в пределах прямой видимости, но расположенных на расстоянии, превышающем расстояние наилучшего зрения. Обычно используется увеличение от 1 до 20–30^x.

Если необходимо большое поле зрения используются приборы, дающие уменьшенное изображение (от 0,5 до 1^x). Простейший эндоскоп состоит из телескопической системы и плоского зеркала или призмы, размещаемой перед объективом и отклоняющей лучи на определенный угол. Эндоскопы с подвижным зеркалом позволяют производить практически полный осмотр закрытых конструкций. Зеркало может быть размещено также в средней части прибора, между объективом и окуляром. Такие

коленчатые приборы используют, когда каналы для ввода оптического прибора внутрь осматриваемой закрытой конструкции искривлены. Бинокли и телескопические лупы применяют для осмотра удаленных деталей механизмов и машин в полевых и цеховых условиях. Бинокли наиболее эффективны при осмотре объектов, находящихся в зоне прямой видимости на расстоянии более 3–5 м. Бинокли имеют устройство для изменения фокусировки, которое позволяет получать отчетливое изображение объектов, находящихся на различных расстояниях от контролера. Биноклями можно пользоваться при температуре от -40°C до $+45^{\circ}\text{C}$. Некоторые бинокли применяют для осмотра деталей с относительно близкого расстояния (1–1,5 м).

Для осмотра внутренних поверхностей сравнительно коротких полых деталей используются оптические трубки цитоскопов, бронхоскопов, бороскопов и т.д. (рис. А.3 приложения А). Цитоскоп–тонкая трубка с оптической системой–имеет устройство, позволяющее изменять положение объектива и направление осмотра полостей диаметром более 8 мм и глубиной до 200 мм при увеличении $1,1\text{--}1,8^{\times}$. Оптическая система, как правило, состоит из сменных окуляров, объективов и оборачивающих систем. Может быть предусмотрена подсветка на конце трубки.

Гибкие телескопические приборы включают в себя наборы стекловолокон. Основным элементом волоконной оптики является световод, представляющий собой сердечник из оптического стекла с высоким показателем преломления n_c с оболочкой также из оптического стекла, но с меньшим показателем преломления n_n . Лучи света, падающие на один торец такого световода, благодаря полному внутреннему отражению распространяются вдоль волокна до другого торца. Важным преимуществом волоконной оптики является возможность передачи световой энергии по криволинейным каналам, свободно ориентированным в пространстве. Одной из особенностей волоконной оптики является разложение изображения на элементарные площадки размером, равным диаметру световода (от единиц

до десятков микрон), и передача их по отдельным световодам, изменяющим форму и положение в пространстве, на значительные расстояния (до сотен метров). Это расстояние зависит от светопропускания световодов, определяемого коэффициентом светопропускания τ .

В оптико-электронных системах контроля глаз заменяет фотоэлемент. В общем случае оптико-электронная система состоит из устройства восприятия (сканер), устройства изображения, логической схемы анализа изображения и механизма разбраковки продукции (рис. А.4 приложения А).

По принципу сканирования обзорно-поисковые устройства разделяются на устройства поэлементного, последовательно-зонального, параллельно-зонального и зонально-поэлементного сканирования. В первой из систем сканирование объекта осуществляется в любой последовательности по каждому элементу поля зрения. Возможен полный просмотр контролируемого поля и воспроизведение полного изображения поля. В устройстве последовательно-зонального сканирования сканирование носит не дискретный, а непрерывный характер. К таким системам относятся, например, телевизионные системы. Устройство позволяет воспроизводить полное изображение сканируемого объекта. В устройствах параллельно-зонального сканирования сканирование осуществляется одновременно с помощью двух взаимно перпендикулярных щелей; каждая щель имеет свой светочувствительный элемент и свой канал передачи информации; полное изображение сканируемого объекта не воспроизводится. Устройство зонально-поэлементного сканирования работает в два этапа: сначала осуществляется сканирование по зонам и выясняется, в какой зоне находится дефект, после этого выполняется поэлементное сканирование конкретной зоны.

По принципу действия сканирующие устройства могут быть оптико-механические, оптико-электрические, полупроводниковые, фотоэлектронные вакуумные, волоконно-оптические. В оптико-механических системах используются подвижные сканирующие элементы отражательной

и преломляющей оптики—зеркальные элементы различной формы, клинья, многогранные барабаны, линзы, призмы, совершающие вращательное, колебательное или возвратно-поступательное движение.

Принцип действия приборов лазерной оптической дефектоскопии основан на использовании различных эффектов взаимодействия электромагнитного излучения с веществом. Приборы регистрируют изменения оптических характеристик объектов контроля. Лазерная дефектоскопия базируется на использовании основных свойств лазерного излучения—монохроматичности, когерентности и направленности. Принцип определения поверхностных дефектов с помощью лазерных дефектоскопов заключается в следующем. Поверхность, свободная от дефектов, дает определенную плотность распределения рассеяния, причем вид этого рассеяния примерно одинаков для каждой точки поверхности. Дефекты поверхности изменяют вид распределения рассеяния излучения. Различные виды дефектов приводят к различному изменению плотности распределения пучка рассеянного излучения. Для определения поверхностных дефектов протяженных объектов применяют сканирование его поверхности лазерным лучом, изменение положения которого в пространстве может осуществляться, например, с помощью вращающихся или вибрирующих зеркал.

Физические основы голографических методов контроля. Голограмма получается в результате интерференции разделенного на две части монохроматического потока излучения лазера: рассеянного контролируемым объектом и прямого (опорного) пучка, попадающего на фотопластинку, минуя объект. При восстановлении записанного на фотопластинке изображения голограмма подсвечивается опорным лучом. В результате возникают два видимых объемных изображения объекта. Голограмма регистрирует как амплитудную, так и фазовую информацию, содержащуюся в волновом фронте. При ее помощи можно рассматривать объект с различных точек зрения, фотографировать изображения отдельных частей

объекта. Голограммы позволяют проводить прямые измерения размеров объектов, находить координаты отдельных точек на поверхности, изучать его рельеф, форму и т.д.

Голографическая интерференция служит для определения величин деформаций, вибраций, отклонений от эталона, соизмеримых с длиной волны используемого лазера. Бесконтактность, высокая чувствительность, возможность обследования сравнительно больших поверхностей, дискретная или аналоговая регистрация быстрых или медленных процессов изменения состояния объекта – характерные черты голографической интерферометрии. Принцип голографической интерферометрии состоит в следующем. После экспонирования и фотообработки голограмму устанавливают на место съемки, освещают лазерным пучком и наблюдают сквозь нее объект, получивший какие-либо деформации. При этом объект наблюдается с возникающей на нем сетью интерферометрических полос. Часто метод голографической интерферометрии реализуется таким образом, что на одну и ту же пластинку двумя экспозициями записываются последовательно голограммы от объекта, находящегося в исходном и исследуемом состоянии. При этом суммарная экспозиция должна находиться в пределах линейного участка характеристической кривой фотоэмульсии. Некоторые виды приборов для оптического контроля представлены на рис. А.5 приложения А. Методы голографической интерферометрии позволяют давать количественную оценку параметров дефектов как в статике, так и в динамике с точностью до 0,1 мм. Голографические установки применяют для контроля качества швов в процессе изготовления крыльев самолета, тепловыделяющих элементов ядерных реакторов, многослойных печатных плат, интегральных схем и т.п.

Контроль фотометрических характеристик объектов осуществляется с помощью средств измерений – сфер Ульбрихта (фотометрических шаров), люкметров, фотометров, яркомеров (в проходящем свете) и пластинок коэффициента яркости, пластинок коэффициента полного отражения,

рефлектометров, спектрофотометров (в отраженном свете). Для контроля колориметрических характеристик используют аддитивные и субтрактивные колориметры, спектрофотометры, спектрорадиометры, спектрометры и т.д. Объектами контроля в проходящем свете являются различные источники света (лампы, светильники, прожекторы, автомобильные фары и фонари и т.д.), в отраженном свете – поверхности, образцы материалов, вещества (например, пробы крови человека и т.д.). Примеры средств измерений, применяемых при фотометрическом и колориметрическом контроле, показаны на рисунках А.6 и А.7 приложения А.

2.4.5 Тепловые методы неразрушающего контроля

Тепловые методы являются разновидностью оптических и применяются для контроля температуры объектов и обнаружения возможных мест локализации неисправностей и утечек. В качестве средств контроля на расстояниях от нескольких десятков сантиметров до нескольких метров используют пирометры, термопары, термостаты, термоиндикаторы, позволяющие регистрировать температуры в диапазоне от $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $3000\text{ }^{\circ}\text{C}$. Объектами контроля могут быть электрические и механические устройства, строительные конструкции, электрические установки, трубопроводы, системы вентиляции, промышленное оборудование. В области электро- и теплоэнергетики применяют пирометры различных модификаций (рис. А.8 приложения А). При диагностике автомобилей, а также при контроле систем отопления, вентиляции и кондиционирования, при обслуживании электросетей и щитов применяют инфракрасные термометры.

Для контроля удаленных объектов применяются тепловизоры, принцип действия которых основан на цифровой регистрации объектов, испускающих невидимое человеческим глазом инфракрасное излучение, и получении видимого изображения для дальнейшего анализа. Объектами контроля являются промышленные предприятия, электроустановки, теплосети,

электрические и механические устройства, строительные конструкции, трубопроводы, системы вентиляции и др. Тепловизоры конструктивно реализованы в виде цифровых камер (рис. А.9 приложения А), работающих в видимом и инфракрасном диапазонах.

Как и любая другая система распознавания образов, термография и система тепловизионной диагностики технического состояния киноаппаратуры состоит из объекта исследования с набором технических состояний, подлежащих распознаванию, блока формирования диагностических признаков и определенной последовательности правил и действий при проведении термографического обследования. На рис. 2.34 приведена функциональная схема термографии и тепловизионной диагностики, объектом исследования в которой является аудиовизуальная техника.

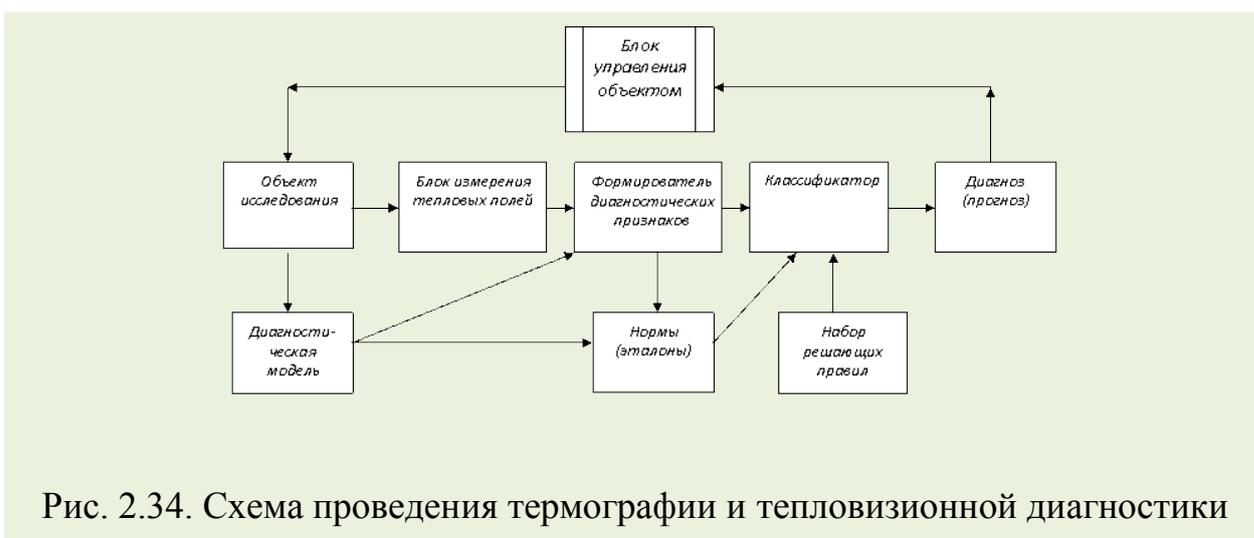


Рис. 2.34. Схема проведения термографии и тепловизионной диагностики

При визуализации тепловых полей или измерении температуры с помощью любого тепловизора существенную погрешность вносит разброс излучательной способности поверхностей наблюдаемых объектов, оцениваемой коэффициентом излучения $0,01 < \varepsilon < 1$. Так полированная металлическая пластина с $\varepsilon = 0,1$ наблюдается на экране монитора, как более темная (холодная) по сравнению с окрашенной в черный матовый цвет шероховатой поверхностью аналогичной пластины (тот же материал и температура, но $\varepsilon = 0,9$). Эти факторы ослабляют с помощью цифрового процессора со специальной программой. Дополнительно для обеспечения

высокой термографической чувствительности обеспечивается эффективное вычитание яркости фона.

При ответственных диагностических исследованиях основными требованиями к техническим характеристикам тепловизора являются:

- четкость и разборчивость термограммы, что обеспечивается применением матрицы, имеющей не менее 160×120 пикселей и специальным программным обеспечением;
- широкий измеряемый температурный диапазон (не ниже $20\text{ }^{\circ}\text{C}$... $+350\text{ }^{\circ}\text{C}$);
- метрологическая погрешность не более 3 %;
- точность отображения температуры во всем измеряемом диапазоне не менее $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- наличие персонального компьютера с русифицированным программным обеспечением для обработки термограмм (например, «Протон-Эксперт»).

Функция памяти должна обеспечивать сохранение не менее 1500 термограмм для обеспечения статистического материала. Программное обеспечение должно иметь возможность построения изотерм, ведение базы данных, проведения преобразования изображений в соответствии с концепцией «Надежное оборудование».

В связи с успехами в технологии производства матричных приемников излучения появились приборы без оптико-механического сканирования, которые не только не уступают, но даже превосходят приборы первого типа по потребительским свойствам. На рис. 2.35 представлена обобщенная функциональная схема тепловизора с фокальной ИК матрицей. Фокальные ИК матрицы могут иметь размерность 128×128 , 256×256 и даже 512×512 элементов при размере этих чувствительных элементов $30 \times 30\text{ }\mu\text{м}^2$.

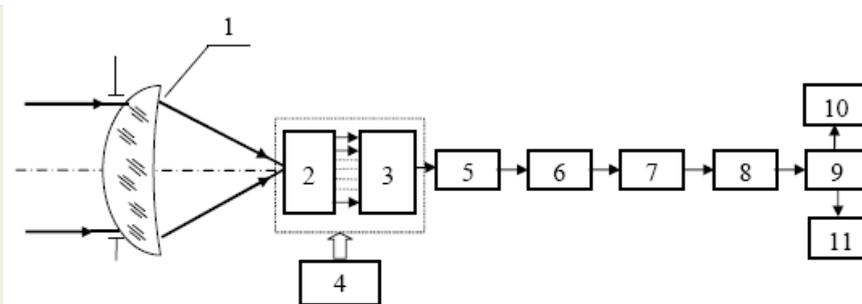


Рис. 2.35. Обобщенная функциональная схема тепловизора с фокальной матрицей:

1—оптическая система; 2—фокальная матрица с предусилителями; 3—мультиплексор; 4—система охлаждения; 5—корректор неоднородности характеристик чувствительных элементов; 6—аналого-цифровой преобразователь; 7—цифровой корректор неоднородности; 8—корректор неработающих ячеек; 9—формирователь изображения; 10—дисплей; 11—цифровой выход.

Фокальные матрицы изготавливаются как функционально законченные фотоприемные устройства (ФПУ), включающие систему охлаждения, предусилители, мультиплексор, корректор неоднородности характеристик. Существует множество схем сканирующих тепловизоров, различающихся методами сканирования, обработки сигналов и представления выходного изображения. Эти различия, во многом, обусловлены топологией ПИ, используемых в тех или иных приборах. В частности, в тепловизорах с системами ОМС могут использоваться одноэлементные, а также многоэлементные ПИ в виде линеек или матриц (см.рис. 1.4). Кроме этого, в качестве видеоконтрольного устройства, помимо широко применяемых ТВ-мониторов, используются различного рода устройства с линейками светодиодов и оптико-механическими системами развертки.

Наиболее перспективным направлением развития современных тепловизоров является применение технологии неохлаждаемых микроболометров, основанной на сверхточном определении изменения сопротивления тонких пластинок, под действием теплового излучения всего спектрального диапазона. Данная технология активно применяется во всем

мире для создания тепловизоров нового поколения, отвечающих самым высоким требованиям термографии по мобильности и безопасности использования.

2.4.6 Капиллярный метод неразрушающего контроля

Капиллярные методы основаны на капиллярном проникновении капель индикаторных жидкостей в полости поверхностных дефектов. Объектами контроля являются лопатки турбин, титановые крепежи для летательных и космических аппаратов, литые детали из цветных металлов для электроники и систем автоматического управления, детали приборов и аппаратов нефтяной и химической промышленности – изделия, изготовленные из неферромагнитных материалов (металлов, неметаллических материалов и композитов).

При контроле этими методами на очищенную поверхность детали наносят проникающую жидкость, которая заполняет полости поверхностных дефектов. Затем жидкость удаляют, а оставшуюся в полостях дефектов часть обнаруживают с помощью проявителя, который образует индикаторный рисунок. Капиллярные методы используются в полевых, цеховых и лабораторных условиях, в широком диапазоне положительных и отрицательных температур. Они позволяют обнаруживать термические и шлифовочные трещины, волосовины, закаты и пр. Капиллярные методы могут быть применены для обнаружения дефектов в деталях из металлов и неметаллов простой и сложной формы. Этот метод пригоден только для выявления дефектов, проявляющихся на поверхности контролируемого объекта. Он основан на проникновении специальной жидкости–пенетранта– в полости поверхностных и сквозных несплошностей объекта контроля, в извлечении пенетранта из дефектов с помощью проявляющего покрытия и фиксации пенетранта. Глубина дефектов, обнаруживаемых КНК, должна значительно превышать их ширину. Если ширина поверхностного

повреждения больше его глубины (риска, царапина), то оно легко заполняется пенетрантом и так же легко удаляется из повреждений. Такие дефекты, как правило, КНК не выявляются. КНК обычно используют для обнаружения дефектов, не видимых невооруженным глазом. Его абсолютную чувствительность определяют средним раскрытием дефекта типа трещин длиной 3–5 мм, выявляемого с заданной вероятностью. Индикаторные рисунки, образующиеся при контроле, либо обладают способностью люминесцировать в ультрафиолетовых лучах, либо имеют окраску, вызываемую избирательным поглощением (отражением) части падающих на них световых лучей. Линии индикаторного рисунка имеют ширину от 0,05 до 0,3 мм (на расстоянии наилучшего зрения это соответствует угловой ширине от 15" до 1'30"), яркостный контраст 30–60 % и более, а также высокий цветовой контраст. Это значительно выше соответствующих параметров поверхностных дефектов, обнаруживаемых визуально (угловой размер от 1' до 10", яркостный контраст 0–5 %, цветовой контраст отсутствует).

При КНК ставятся следующие задачи: обнаружение дефекта, определение направления дефекта относительно конфигурации детали, определение размеров и формы дефекта.

В процессе КНК осуществляется следующая маркировка дефектов:

а — по количеству дефектов:

А — одиночные дефекты,

Б — множественные дефекты,

В — сплошные дефекты;

б — по направлению дефектов:

|| — дефекты, параллельные направлению изделия;

⊥ — дефекты, перпендикулярные направлению изделия;

∠ — дефекты, расположенные под углом к направлению изделия.

Основными объектами КНК являются ферромагнитные материалы: лопатки турбин из никелевых сплавов, в том числе авиационных турбин; титановый крепеж для летательных и космических аппаратов; литые детали

из цветных металлов для электроники и систем автоматического управления; детали приборов и аппаратов нефтяной и химической промышленности. КНК позволяет диагностировать объекты контроля любых размеров и форм, изготовленных из черных и цветных металлов и сплавов, пластмасс, стекла, керамики, а также других твердых ферромагнитных материалов. При этом выявляются такие дефекты, как трещины, пористость, рыхлоты.

При КНК применяют следующие материалы:

- В качестве *пенетранта*—различные жидкие растворы, чаще всего на основе керосина, в который добавляются красители или люминофоры, светящиеся под действием ультрафиолетового излучения. Например, пенетрант «А» состоит из 700 мл керосина, 300 мл бензина Б-70, 30 г темно-красного красителя. Пенетрант «Е» состоит из керосина (800 мл), бензола (200 мл) и темно-красного красителя. Существуют пенетранты, у которых в керосин добавлены ацетон, бензин и краситель, или трансформаторное масло, скипидар и краситель, и ряд других. Люминесцирующие пенетранты представляют собой смеси органических растворителей, масел, керосина с добавками поверхностно-активных веществ (ПАВ) и люминесцирующих веществ: масел, нефти, нориола, эмульсола и др;

- *Очищающую жидкость*, которая предназначена для удаления пенетранта с поверхности контролируемого объекта. В качестве очищающих жидкостей используются вода, вода с добавлением ПАВ, органические растворители, смесь масла с керосином и другие жидкости. Например, масло МК-8 — 65 % объема, толуол — 30 %, эмульгатор ОП-7 — 5 %;

- *Гаситель*, который представляет собой состав для устранения окраски или люминесцентных остатков пенетранта без удаления его с контролируемой поверхности. В качестве гасителей используется, например, вода с кальцинированной содой (гаситель О₂₀₁), спирт с поверхностно активным веществом ОП-7 (гаситель О₃₀₀) и другие вещества;

- В качестве *проявляющих веществ*—агар-агар, крахмал, порошок окиси магния, суспензия каолина в ацетоне и многие другие материалы, которые

адсорбируют пенетрант, проникший в дефекты, и тем самым позволяют фиксировать их на поверхности контролируемого объекта.

Для выполнения КНК применяется следующая аппаратура:

- 1 — ванны для мойки и насыщения изделия пенетрантом;
- 2 — шкафы для сушки изделий;
- 3 — устройства для нанесения пенетранта;
- 4 — оптические устройства для фиксации дефектов визуально, с помощью фотосъемок и для облучения пенетранта ультрафиолетовыми лучами в случае применения люминесцирующих веществ.

Проникающую жидкость наносят на предварительно очищенную поверхность деталей, чтобы заполнить полости возможных поверхностных дефектов. Продолжительность контакта жидкости с поверхностью детали зависит от физических свойств жидкости, характера обнаруживаемых дефектов и способа заполнения жидкостью полостей дефектов.

В табл. 2.4 приведены способы заполнения полостей дефектов пенетрантом.

Таблица 2.4 – Особенности заполнения полостей дефектов проникающей жидкостью разными способами

Название способа	Технологическая характеристика
Капиллярный	Самопроизвольное заполнение полостей дефектов проникающей жидкостью, наносимой на контролируемую поверхность смазыванием, погружением, струйно, распылением с помощью сжатого газа
Вакуумный	Заполнение полостей дефектов проникающей жидкостью при пониженном давлении в полостях
Компрессионный	Заполнение полостей дефектов проникающей жидкостью при воздействии на нее повышенного давления
Ультразвуковой	Заполнение полостей дефектов проникающей жидкостью при воздействии на нее ультразвуковых колебаний
Деформационный	Заполнение полостей дефектов проникающей жидкостью при воздействии на объект контроля

	упругих колебаний звуковой частоты или статической нагрузки, увеличивающей ширину раскрытия трещин
--	--

Наиболее простым и распространенным в производственных условиях является капиллярный способ. При этом для улучшения проникновения жидкости в полости может подогреваться проникающая жидкость или проверяемая деталь.

При вакуумном способе деталь помещают в герметичную камеру, из которой откачивают воздух. После подачи проникающей жидкости камеру разгерметизируют. Жидкость заполняет полости дефектов под действием капиллярного и атмосферного давлений.

При компрессионном способе жидкость быстро заполняет полости дефектов под действием капиллярного и внешнего избыточного давлений. При этом достигается более полное заполнение полостей дефектов, однако многие пенетранты изменяют свои свойства при увеличении давления—увеличивается вязкость, ухудшается смачиваемость твердых тел, в результате эффективность способа невелика.

При ультразвуковом способе ускоряется процесс заполнения полостей дефектов, особенно загрязненных. Высокой эффективности способ достигает при использовании пенетрантов средней и высокой вязкости (нориола, шубикола, смесей масла с керосином), когда направление колебаний совпадает с плоскостью полости дефекта. Под воздействием статических сил увеличивается ширина раскрытия полости дефектов, улучшаются условия заполнения этих полостей и выявления дефектов низковязкими жидкостями.

Индикаторные пенетранты для красок и люминофоров, приготовленные на основе растворителей (керосин, бензин и т.п.), достаточно быстро испаряются. Длительная выдержка пенетранта на контролируемой поверхности может привести к его высыханию и выпадению в виде осадка из частиц красителя или люминофора. Эти частицы, являясь сорбентом, могут привести к извлечению пенетранта из устья дефекта; в результате выявление дефектов при контроле ухудшается. Для

предотвращения высыхания можно периодически наносить дополнительно пенетрант, однако это процесс трудоемкий, особенно при контроле больших площадей, поэтому время нахождения пенетранта на контролируемой поверхности обычно ограничено 3–5 мин. После этого индикаторный пенетрант необходимо удалить с поверхности контролируемого объекта (КО).

Способы удаления проникающей жидкости с поверхности выбирают с учетом необходимости сохранения ее в полостях дефектов, а также типа пенетранта, шероховатости поверхности, условий контроля, объема работ и требуемой производительности труда. При локальном контроле деталей в полевых, цеховых условиях в случае использования невысыхающих жидкостей детали протирают ветошью или бумагой. При большом объеме работ или при контроле шероховатых деталей (с чистотой обработки поверхности ниже пятого класса) этот способ непригоден. В этих случаях применяют промывку органическими растворителями, водой и пр. Для удаления невысыхающих жидкостей применяют обдувку струей песка, дроби, косточковой крошки, опилок и т.п. Гашением устраняется люминесценция или окраска при использовании специальных проникающих жидкостей. При контроле массовых деталей в цеховых условиях применяют комбинированный способ удаления проникающей жидкости с поверхности деталей.

Полноту удаления пенетранта определяют визуально или (при люминисцентном методе) в ультрафиолетовом свете. Оценку считают удовлетворительной, если отсутствует светящийся или окрашенный фон. Если фон обнаружен, для повторной очистки используют очиститель типа О-1 или О-2. При температуре окружающего воздуха ниже 8 °С индикаторный пенетрант с поверхности КО снимают бязью, смоченной в спирте. Влагу с поверхности изделия удаляют влажной бязью до полного исчезновения с нее капель воды, после чего поверхность считается подготовленной к следующей операции. Проявитель чаще всего наносят кистью. При этом

расход проявителя значительно меньше, чем при нанесении его краскораспылителем, окружающий воздух меньше насыщается вредными для человека парами растворителей и аэрозолей. В цеховых условиях применяют также способ посыпания и способ наложения липких пленок.

После нанесения проявителя детали выдерживают при заданной температуре до окончания процесса проявления, то есть образования индикаторного рисунка. Извлечение пенетранта из поверхностной трещины происходит по мере испарения жидкой основы проявителя и возрастания сорбции с помощью частиц проявителя.

Для надежного выявления поверхностных дефектов при проведении технологических операций контроля необходимо обеспечить сохранение пенетранта в устье дефекта от момента нанесения до момента его извлечения из дефекта, поэтому операции по нанесению и удалению проникающей жидкости и нанесению проявителя должны проводиться непосредственно одна за другой с минимальным интервалом времени, не следует допускать длительной сушки поверхности после удаления пенетранта, длительной промывки КО и т.п.

Осмотр контролируемой поверхности, как правило, проводят дважды: через 5–6 мин для обнаружения крупных дефектов и через 25–60 мин для обнаружения мелких. Освещенность исследуемой поверхности должна быть не ниже 50 лк. Контроль проводят в затененном помещении, а в полевых условиях — при местном затемнении. При цветном контроле естественное или искусственное освещение на контролируемом участке должно быть не менее 3000 лк.

С поверхностей деталей, прошедших контроль и признанных годными, удаляют проявитель и следы других дефектоскопических материалов одним из перечисленных способов: протиркой, промывкой, анодной обработкой, выжиганием, органическими растворителями. В некоторых случаях в условиях производства возникает необходимость многократного контроля. Перед повторным контролем проводят полный цикл подготовки изделий,

тщательно промывая КО ацетоном, бензином или другими растворителями для удаления остатков дефектоскопических материалов из поверхностных дефектов. Небольшие изделия перед повторным контролем рекомендуется помещать на несколько часов в растворители индикаторного красителя. Средства капиллярного контроля (рабочий интервал температур от +7 до +65 °С) показаны на рис. А.10 приложения А.

КНК подразделяется на четыре уровня, как указано в табл. 2.5.

Таблица 2.5 – Характеристики уровней капиллярного метода контроля

Уровень	Максимальные размеры дефекта в мкм (10^{-6} м)		
	Ширина	Глубина	Длина
I	1	10	0,1
II	10	100	1
III	100	1000	10
IV	свыше 100	свыше 1000	свыше 10

У КНК есть верхний и нижний пределы чувствительности. Верхний предел определяется наибольшей шириной дефекта, при которой пенетрант полностью вытекает из него, образуя размытое облако. Нижний предел определяется настолько малым дефектом, что проникшего в него пенетранта недостаточно для обнаружения. Чувствительность КНК определяется геометрическим k_T и оптическим k_o факторами:

$$K_{\text{КНК}} = f(k_T, k_o), \quad ()$$

Основные положения, которые необходимо знать при КНК:

- Подготовку изделий к контролю (удаление жидкостей из поверхностных дефектов) можно проводить путем их нагрева или нанося на их поверхность проявитель. При нагреве изделий выше температуры кипения жидкостей происходит удаление жидкости из дефектов за счет образования пузырьков пара. Температура, при которой происходит выброс жидкости из дефекта, зависит от величины раскрытия дефекта. При широких трещинах жидкость удаляется практически мгновенно. При нагреве изделий ниже температуры кипения жидкости очистка дефектов происходит за счет

испарения жидкостей и пленочного массопереноса ее по стенкам дефекта. Нанесение проявителя на контролируемую поверхность обеспечивает удаление жидкости из устья дефектов приблизительно за 20 мин;

- Размер индикаторного следа от поверхности единичной трещины определяется в основном объемом индикаторного пенетранта, находящегося в устье трещины, поэтому надежное выявление поверхностных дефектов обеспечивается при условии сохранения пенетранта в устье дефекта от момента его нанесения до момента извлечения его из дефекта;

- Осмотру с целью обнаружения дефекта не подвергаются детали, состояние проявителя в зонах контроля которых затрудняет видимость индикаторных рисунков. Например, при цветовом варианте КНК осмотру не подвергаются детали, если в слое проявителя имеются пятна не удаленной красной проникающей жидкости, пятна и потеки масляно-керосиновой смеси, непокрытые проявляющей краской участки зоны контроля, частицы пыли, ветоши, следы каких-либо посторонних материалов (из-за применения загрязненных инструментов, приспособлений–краскораспылителей, кистей, захватов и др.). Общий осмотр проводят невооруженным глазом или с применением луп малого увеличения с большим полем зрения. При осмотре отыскивают окрашенный или люминесцирующий индикаторный рисунок, обращая внимание на основные признаки:

- трещины любого происхождения, волосовины, закаты, неслитины, непровары, неспаи, плены выявляются в виде четких, иногда прерывистых окрашенных линий различной конфигурации (рис. 2.36);



Рис. 2.36. Трещина на образце, обнаруженная КНК в процессе испытаний на усталость

- межкристаллитная коррозия участков поверхности мелкозернистых сплавов выявляется в виде пятен, размытых полос;
- поры, язвенная коррозия, выкрашивание материала, эрозионные повреждения поверхности выявляются отдельными точками, звездочками (рис. 2.37, *a*);



- растрескивание материала, межкристаллитная коррозия участков поверхности крупнозернистых сплавов проявляются в виде группы отдельных коротких линий или сетки (рис. 2.37, *б*).

Обнаружение рисунки, соответствующего указанным выше основным признакам, служит основанием для анализа допустимости дефекта по его размеру, положению, характеру.

К недостаткам КНК следует отнести:

- высокую трудоемкость контроля при отсутствии механизации;
- сложность механизации и автоматизации процесса контроля;
- большую длительность процесса (от 0,5 до 1,5 ч);
- снижение достоверности результатов при отрицательных температурах, необходимость удаления лакокрасочных покрытий и тщательной предварительной очистки контролируемых деталей;
- низкую вероятность обнаружения дефектов, перекрытых окисными пленками или сжатых значительными остаточными или рабочими напряжениями в детали;
- громоздкость стационарного оборудования;

- вредность некоторых дефектоскопических материалов для персонала и необходимость использования защитных приспособлений и вентиляции;
- субъективность контроля, зависимость достоверности результатов от умения и состояния контролера;
- ограниченный срок хранения дефектоскопических материалов, зависимость их свойств от продолжительности хранения и температуры среды.

2.4.7 Методы контроля течеисканием

Методы контроля течеисканием основаны на регистрации индикаторных жидкостей и газов, проникающих в сквозные дефекты контролируемого объекта. Их применяют для контроля герметичности работающих под давлением сварных сосудов, баллонов, трубопроводов, топливной и гидроаппаратуры, масляных систем силовых установок и т.п. Место нарушения целостности оболочки называют течью. Это обычно микропоры в самом материале оболочки и в сварных швах, риски на рабочей поверхности фланцев и металлических уплотнителей, образующие сквозной канал с выходом на обе стороны оболочки. Величина течи так же, как и степень герметичности, характеризуется потоком воздуха, перетекающего через течь в единицу времени при нормальных условиях. По способу создания потока и идентификации пробного вещества различают следующие методы контроля герметичности: метод опрессовки, люминесцентный метод, метод искрового разряда, манометрический метод, галогенный метод, масс-спектрометрический метод и некоторые другие. В вакуумной технике наибольшее распространение получили масс-спектрометрический и манометрический методы в различных модификациях. Проводят течеискание с применением радиоактивных веществ, что значительно повышает чувствительность метода.

Техническое диагностирование масс-спектрометрическим методом осуществляется в соответствии с требованиями ГОСТ 28517. Масс-спектрометрический метод основан на обнаружении пробного вещества в смеси веществ, проникающих через течи, путем ионизации веществ с последующим разделением ионов по отношению их массы к заряду под действием электрического и магнитного полей. Метод следует применять при регистрации потоков в диапазоне от 10^{-14} до 10^{-2} Па м³/с (Вт). Пробное вещество или контрольная среда должны обеспечивать выявляемость течей в соответствии с техническими требованиями к контролируемому объекту. Пробное вещество не должно оказывать вредного воздействия на контролируемый объект. Основными пробными веществами являются инертные газы—гелий и аргон. В специальных случаях допускается применение других пробных веществ. Течеискание масс-спектрометрическим методом проводят при изготовлении герметизируемых изделий, их эксплуатации и ремонте. При этом основным элементом течеискателя является масс-спектрометрический анализатор, представляющий собой масс-спектрометр с магнитным отклонением пучка ионов. Принцип действия демонстрируется на рис. 2.38, где показана масс-спектрометрическая камера течеискателя, предназначенного для работы с гелием в качестве пробного газа. Электроны, эмитируемые катодом 9, попадают в камеру ионизации 8. Источник питания катода 11 подключен к анализатору через фланец 10. В случае негерметичности вакуумной системы, обдуваемой пробным газом, молекулы гелия через фланец 5 проникают в камеру ионизации. Положительные ионы гелия ускоряющим напряжением направляются в камеру магнитного анализатора 6. Ускоряющее напряжение E_y и магнитная индукция B подбираются таким образом, чтобы ионы гелия, прошедшие через входную щель 7, двигаясь по траектории 4, попали в выходную щель 2. Остаточные газы по траектории 3 разряжаются на стенках анализатора.

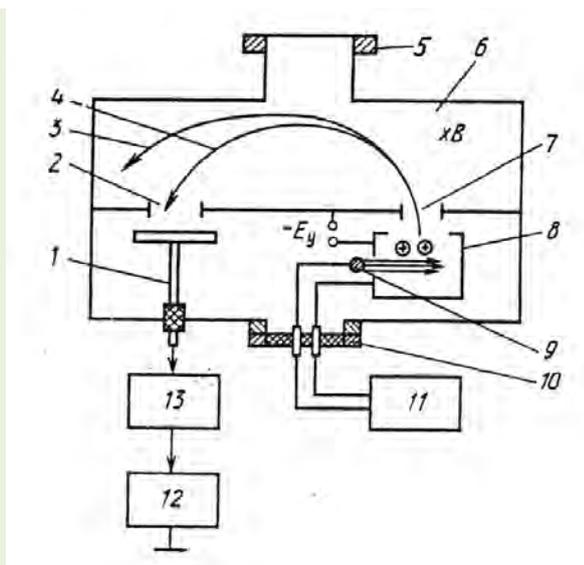


Рис. 2.38. Масс-спектрометрическая камера течеискателя

В отличие от анализаторов парциальных давлений, которые должны иметь высокую разрешающую способность и перестраиваться на различные массовые числа, датчик течеискателя настраивается только на пробный газ. При этом входная и выходная щели могут быть расширены, что увеличивает чувствительность течеискателя. Этот способ повышения чувствительности можно применять для гелия, не имеющего в составе воздуха веществ с близкими массовыми числами. Коллектор ионов *1* соединяется с электрометрическим каскадом *13*, усиливающим падение напряжения на высокоомном сопротивлении. Блок измерения ионного тока *12* после дополнительного усиления выходного сигнала электрометрического каскада выводит результаты измерений на стрелочный прибор или самописец. Течеискание должно проводиться до окраски поверхности изделий и нанесения покрытий, если в конструкторской документации нет других указаний. Течеискание должно проводиться после работ, которые могут привести к разгерметизации объекта. Допускается совмещение течеискания с другими видами испытаний, не оказывающих влияния на результаты течеискания.

Для поиска течей могут быть использованы любые манометрические преобразователи, показания которых зависят от рода газа, например, электронные ионизационные и термоэлектрические. Поиск течей сводится

к следующему. После установления давления в вакуумной системе подозреваемое в натекании место обдувают пробным газом или смачивают жидким пробным веществом. Изменение показаний вакуумметра свидетельствует о наличии течи. Наибольший эффект дает работа с жидкими пробными веществами: ацетоном, спиртом и эфирами. Небольшие количества жидкости, проникшие в вакуумную систему через течь, испаряясь в вакууме, резко увеличивают общее давление в системе.

Минимальная величина течей, выявляемых манометрическим методом, зависит от общего давления в системе, которое в данном случае является фоном. По мере обнаружения и устранения течей установившееся давление в системе понижается и соответственно повышается вероятность обнаружения все более малых течей. С помощью масс-спектрометрического течеискателя контроль герметичности и поиск течей осуществляются способами обдува и гелиевых чехлов (камер), способом щупа, барокамеры, вакуумных присосок и способом накопления. Способ обдува и гелиевых чехлов в основном применяется для испытаний вакуумных систем с собственными средствами откачки и элементов вакуумных систем. В этом случае на наружную поверхность изделия подается пробный газ. Во внутренней полости изделия создается разрежение и фиксируется проникновение в нее пробного газа.

В вакуумной технике наибольшее распространение получили способы обдува и гелиевых чехлов, причем первый обычно применяется для поиска течей, второй для контроля герметичности. В обоих случаях вакуумная система течеискателя соединяется с вакуумной системой испытываемой установки. Рекомендуется подключать течеискатель в форвакуумную линию испытываемой установки, как показано на рис. 2.39. Такое подключение обеспечивает максимальную чувствительность испытаний. Подсоединять вакуумную систему течеискателя к испытываемой установке лучше всего гибким металлическим шлангом, при отсутствии такового – резиновым вакуумным шлангом.

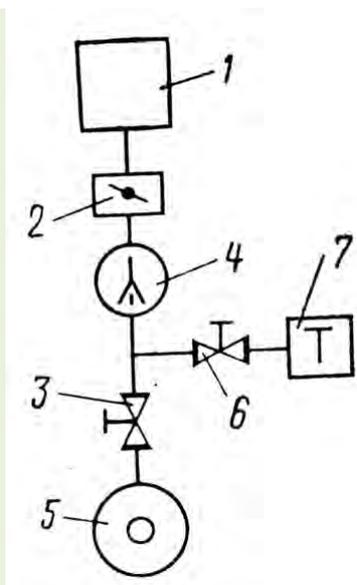


Рис. 2.39. Схема присоединения течеискателя при испытаниях вакуумных систем способом обдува и гелиевых камер (чехлов):

1–рабочая камера установки; 2–затвор; 3–клапан; 4–высоковакуумный насос;
5–форвакуумный насос; 6–дресселирующий клапан;
7–течеискатель

Контроль осуществляется в следующей последовательности. В контролируемом объекте (установке) создают рабочее давление. При создании разрежения в вакуумной системе трубопровод, соединяющий вакуумную установку с течеискателем, также должен быть откачан. Затем открывают клапан 6 и устанавливают рабочее давление в масс-спектрометрической камере течеискателя. Если клапан 6 полностью открыт и показания магниторазрядного вакуумметра течеискателя меньше 350 мкА, закрывают клапан 3, направляя весь поток газа, откачиваемого высоковакуумным насосом установки через вакуумную систему течеискателя. Включают катод масс-спектрометрической камеры течеискателя. Далее производят обдув гелием, начиная с той точки рабочей камеры установки, которая наиболее удалена по схеме вакуумной системы испытываемой установки от низковакуумного насоса и находится выше других в пространстве, постепенно приближаясь к низковакуумному насосу как по

схеме вакуумной системы, так и по расположению в пространстве обследуемых участков оболочки вакуумной системы.

Обдув производят с помощью обдувателя, входящего в комплект течеискателя, присоединяемого к баллону с гелием. На практике не всегда имеется возможность разместить поблизости баллон с гелием. Тогда удобно пользоваться медицинской кислородной подушкой, заполненной гелием. При отсутствии обдувателя в качестве такового может быть использована игла от медицинского шприца или тонкая, сплюснутая на конце металлическая трубка.

Проводя испытания разветвленных вакуумных систем с большой длиной соединительных трубопроводов способом обдува, необходимо учитывать временные характеристики течеискателя и высоковакуумного насоса испытываемой установки. Начиная с момента поднесения струи гелия к течи, содержание его в рабочей камере испытываемой установки увеличивается. Общее количество гелия в высоковакуумной части испытываемой установки определится разностью потоков гелия, поступающего через течь и удаляемого в результате откачки.

Контроль люминесцентным методом осуществляется в соответствии с требованиями ГОСТ 26182. Люминесцентный метод течеискания—метод неразрушающего контроля проникающими веществами с целью обнаружения сквозных дефектов (течей), основанный на регистрации проникания вещества через сквозные дефекты по флуоресценции этого вещества или индикаторного покрытия при освещении контролируемого объекта ультрафиолетовым светом (УФС). Наличие сквозных дефектов (течей) устанавливают по свечению в лучах УФС проникающего вещества или индикаторного покрытия. При контроле соединений или участков поверхности, недоступных для осмотра в лучах УФС, на эти соединения (участки) накладывают индикаторные ленты. После проведения контроля индикаторные ленты снимают и рассматривают в лучах УФС.

Перед испытаниями производят градуировку течеискателя. Для этого на изделия устанавливают калиброванную гелиевую течь. Последовательность операций при градуировке аналогична последовательности при испытаниях. Как и при испытаниях, фоновым отсчетом являются установившиеся показания течеискателя при открытом эксцентриковом клапане. Применением способа накопления можно в десятки и сотни раз повысить чувствительность испытаний, проводимых с применением масс-спектрометрического течеискателя методами обдува и гелиевой камеры.

2.4.8 Электрические методы контроля

Электрические методы основаны на регистрации параметров электрического поля, взаимодействующего с контролируемым объектом (собственно электрический метод), или поля, возникающего в контролируемом объекте в результате внешнего воздействия (термоэлектрический или трибоэлектрический методы).

Первичными информативными параметрами являются электрическая емкость или потенциал. Емкостный метод используется для контроля диэлектрических или полупроводниковых материалов. По изменению проводимости, в частности ее реактивной части, контролируют химический состав пластмасс, полупроводников, наличие в них несплошностей; влажность сыпучих материалов и другие свойства.

Для контроля проводников применяют метод электрического потенциала. Толщину проводящего слоя, наличие несплошностей вблизи поверхностей проводника контролируют, измеряя падение потенциала на некотором участке. Электрический ток огибает поверхностный дефект, по увеличению падения потенциала на участке с дефектом определяют глубину несплошности с погрешностью в несколько процентов. Термоэлектрический метод применяют для контроля химического состава материала. Например,

нагретый до постоянной температуры медный электрод прижимают к поверхности изделия и по возникающей разности потенциалов определяют марку стали, титана, алюминия или другого материала.

Разновидностью электрического метода является метод электронной эмиссии, то есть, измерение эмиссии ионов с поверхности изделия под влиянием внутренних напряжений. Этот метод используется для определения растрескиваний в эмалевых покрытиях, для сортировки деталей, измерения толщины пленочных покрытий и определения степени закалки изделия.

Электроемкостный метод контроля (ЭМК) предусматривает введение объекта контроля или его исследуемого участка в электростатическое поле и определение искомым характеристик материала по вызванной им обратной реакции на источник этого поля. В качестве источника поля применяют электрический конденсатор, который является одновременно и первичным электроемкостным преобразователем (ЭП), так как осуществляет преобразование физических и геометрических характеристик объекта контроля в электрический параметр. Обратная реакция ЭП проявляется как изменение его интегральных параметров, чаще всего двух параметров, из которых один характеризует «емкостные» свойства ЭП, а другой – диэлектрические потери (например, емкость и тангенс угла потерь – составляющие комплексной проводимости). Эти параметры являются первичными информативными параметрами ЭМК.

Информативность ЭМК определяется зависимостью первичных информативных параметров ЭП от характеристик объекта контроля – от электрических характеристик (например, диэлектрической проницаемости и коэффициента диэлектрических потерь) и геометрических размеров объекта контроля. Косвенным путем с помощью ЭМК можно определять и другие физические характеристики материала: плотность, содержание компонентов в гетерогенных системах, влажность, степень полимеризации и старения, механические параметры, радиопрозрачность и пр. К наиболее информативным геометрическим параметрам объекта контроля следует

отнести толщину пластин, оболочек и диэлектрических покрытий на проводящем и непроводящем основаниях, поперечные размеры линейно-протяженных проводящих и диэлектрических изделий (нитей, стержней, лент, прутков), локализацию проводящих и диэлектрических включений и др. (рис. 2.40). Следует отметить, что информативные параметры ЭП зависят также от его конструкции и электрических характеристик среды, в которую помещен объект контроля. Первое обстоятельство учитывается при оптимизации конструкции ЭП, второе обычно является причиной возникновения мешающих контролю факторов. В качестве первичного информативного параметра наиболее целесообразно использовать емкость ЭП и тангенс угла потерь. Однако для изучения анизотропных свойств объекта контроля необходимо пользоваться диаграммой зависимости диэлектрических параметров от направления вектора напряженности поля, созданного в объекте контроля.

По назначению электроемкостные методы контроля могут быть классифицированы на три группы: для измерений параметров состава и структуры материала, определения геометрических размеров объекта контроля, контроля влажности.

Накладные ЭП характеризуются большой неоднородностью создаваемого ими электростатического поля в объекте контроля с максимальным значением напряженности поля (следовательно, и максимальной чувствительностью) непосредственно у поверхности электродов и быстрым затуханием поля по мере удаления от электродов. В связи с этим использование накладных ЭП обычно требует осуществления мер по компенсации влияния контактных условий (шероховатость поверхности, ее загрязнение и пр.).

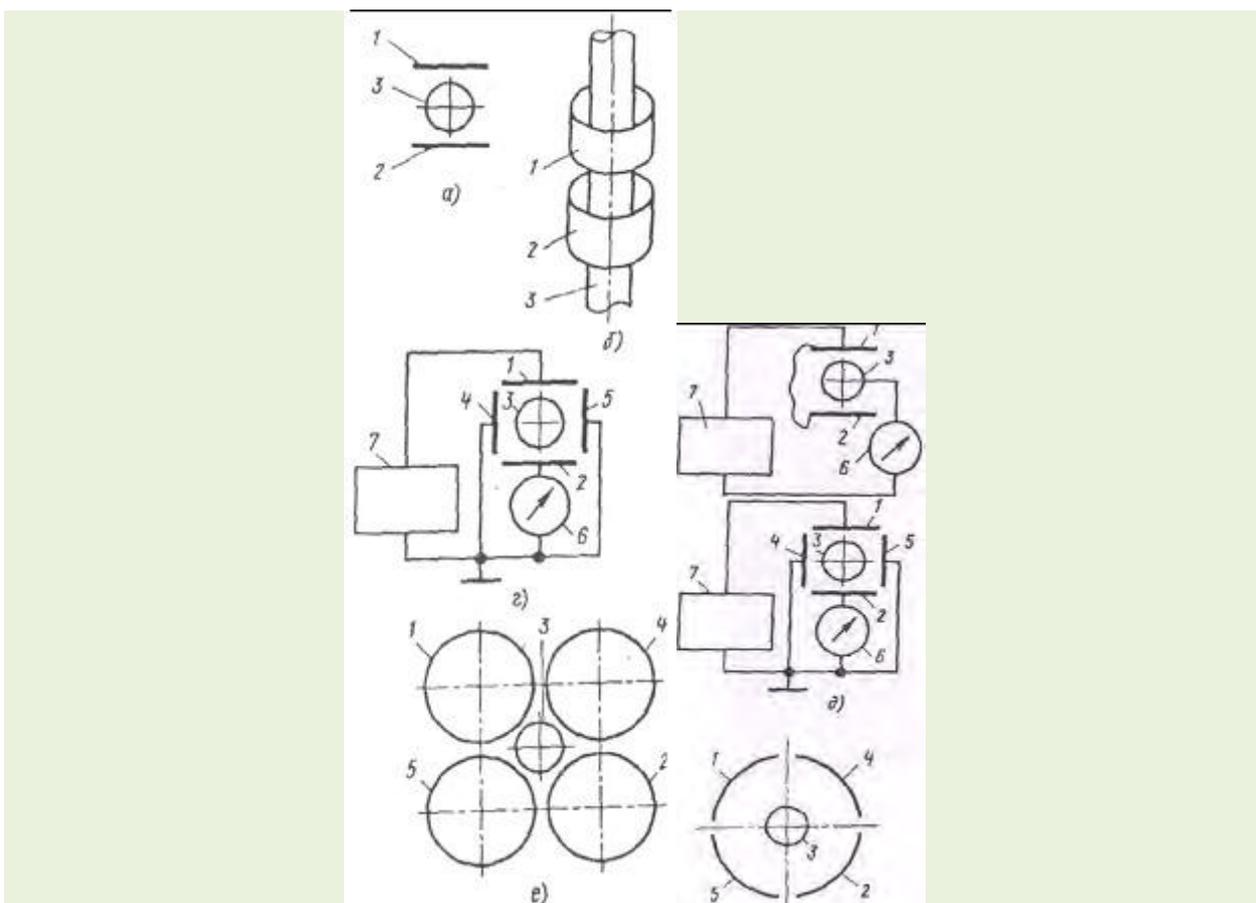


Рис. 2.40. Конструкция проходных ЭП с измерением емкости:
a–*в*–полной; *г*–*д*–частичной; *е*, *ж*–перекрестной; 1–высокопотенциальный электрод; 2–низкопотенциальный электрод; 3–объект контроля; 4 и 5–охранные электроды; 6–индикатор; 7–источник питания

Для контроля размеров поперечного сечения линейно-протяжных изделий (например, проволоки, ленты, полосы, фольги, прутков и пр.) применяют проходные ЭП. В зависимости от схемы включения электродов и объекта контроля конструкции ЭП бывают двух- и трехзажимными. Их работа основана на измерении полной или частичной емкости. Контроль может осуществляться и по так называемой схеме с перекрестной емкостью. Контроль твердых дисперсных (сыпучих) материалов допускает большую свободу в выборе конструкции ЭП, так как контролируемая среда может принять любую форму в соответствии с применяемой конструкцией ЭП. Чаще всего ЭП выполняют в виде сосуда, заполняемого контролируемой средой, или в виде преобразователя, погружаемого в эту среду. Контролируемыми параметрами в данном случае являются степень

дисперсности среды, физико-механические параметры частиц (например, их состав, влажность), состав полидисперсных сред.

При измерении одного из параметров на результат контроля оказывают влияние другие параметры, являющиеся мешающими факторами; б) возможность проведения бесконтактных измерений в динамическом режиме, что играет важную роль при автоматизации процесса контроля; в) ЭМК позволяет получить информацию о средних значениях контролируемых параметров в сравнительно больших объемах материала или локализовать поле в определенном участке, а также на определенной глубине исследуемого материала. Конструкция ЭП зависит от объекта контроля и в первую очередь от агрегатного состояния исследуемой среды (твердая, жидкая, газообразная). Наиболее сложную задачу представляет контроль твердых материалов, так как жидкие и газообразные среды могут принимать любую форму, и конструкцию ЭП в данных случаях выбирают на основании условий обеспечения наибольшей точности измерения, разрешающей способности метода, его пропускной способности, характера взаимодействия среды с электродами и т.п.

В случае контроля твердых сплошных материалов конструкцию ЭП определяет в первую очередь условие обеспечения неразрушающего контроля, часто при одностороннем доступе к поверхности изделия. Для решения такого рода задач применяют накладные ЭП, электроды которых расположены на одной стороне поверхности объекта контроля или непосредственно на поверхности контролируемого объекта или в непосредственной близости от него. При этом электроды ЭП находятся в одной плоской или криволинейной поверхности. С целью обеспечения дистанционного контроля часто некоторые элементы измерительной схемы располагают в выносном блоке преобразователя.

Кроме трансформаторных мостов, при построении приборов, основанных на ЭМК, применяют и другие измерительные схемы, допускающие вынесение части схемы в блок преобразователя, например

автогенераторные схемы, измерители добротности с вынесенным резонансным контуром, схемы преобразования на основе операционного усилителя, схемы сравнения токов или напряжений или специальные схемы компенсации влияния подводящих проводов.

2.4.9 Магнитные методы неразрушающего контроля

Магнитные методы контроля основаны на регистрации магнитных полей рассеяния, возникающих над дефектами, или на определении магнитных свойств контролируемых изделий. Эти методы позволяют обнаружить дефекты типа несплошности материала (трещины, волосовины, закаты), а также определить механические характеристики ферромагнитных сталей и чугунов по изменению их магнитных характеристик. МНК применяются только для контроля деталей и изделий, изготовленных из ферромагнитных материалов, находящихся в намагниченном состоянии. МНК основаны на регистрации магнитных полей рассеяния, возникающих над дефектами, поэтому эти методы позволяют определять только поверхностные и подповерхностные дефекты, залегающие в ферромагнетиках на глубинах, не превосходящих 15 мм.

Дефекты наиболее легко обнаруживаются, когда направление намагничивания контролируемой детали перпендикулярно направлению дефекта. Для оптимального выявления дефектов при МНК намагничивание контролируемых изделий производят в двух направлениях, а деталей сложной формы — в нескольких направлениях. На рис. 2.41 приведена схема образования магнитного поля над дефектом.

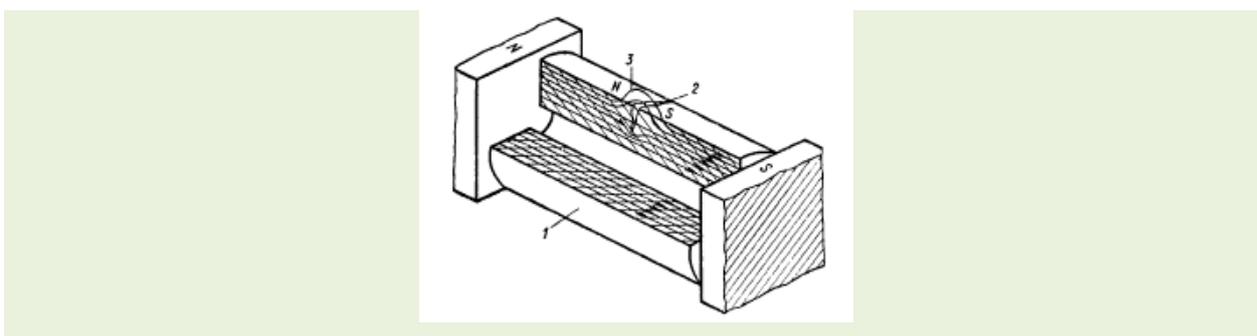


Рис. 2.41. Схема образования магнитного поля над дефектом

После намагничивания изделия осуществляется проявление дефектов, состоящее в фиксировании магнитного поля над дефектом каким-либо методом: порошковым, феррозондовым, магнитографическим и другими методами. При этом контроль (выявление) дефектов осуществляется двумя способами:

1. Контроль дефектов на остаточной намагниченности контролируемого изделия, пригодный только для магнитотвердых материалов с коэрцитивной силой H_c больше 800 А/м (больше 10 Э). В этом случае проявление дефектов осуществляется после намагничивания контролируемого изделия и удаления его из намагничивающего поля.

2. Контроль дефектов в приложенном магнитном поле, применяемый для магнитомягких материалов, у которых коэрцитивная сила $H_c < 800$ А/м (10 Э). В этом случае проявление дефектов осуществляется после намагничивания контролируемого изделия без его удаления из намагничивающего поля, т.к. без приложенного внешнего магнитного поля над дефектами образуются слабые магнитные поля рассеяния, не позволяющие выявить дефект. Этим способом контролируют детали сложной формы, а также в том случае, когда мощности источника питания недостаточно для намагничивания всей детали вследствие ее больших размеров; в приложенном магнитном поле рабочая индукция поля достигается при почти в четыре раза меньшей напряженности магнитного поля. После МНК обязательно проводится размагничивание проконтролированного изделия.

Качество МНК существенно зависит от способа намагничивания контролируемого изделия. С целью получения максимальной чувствительности и разрешающей способности магнитного метода неразрушающего контроля применяются различные виды намагничивания материалов, среди которых пять основных: продольное (полюсное),

циркулярное, комбинированное, параллельное, способом магнитного контакта.

Продольным (полюсным) намагничиванием называется такое намагничивание, при котором магнитные силовые линии часть пути проходят по изделию, а часть – по воздуху. Это намагничивание осуществляется путем помещения контролируемого протяженного изделия правильной формы (цилиндрического, прямоугольного и т.п.) либо между полюсами постоянного магнита (электромагнита), либо в соленоид. После удаления изделия из намагничивающего поля за счет остаточной намагниченности в изделии возникают два магнитных полюса, N и S, как показано на рис. 2.42, поэтому такой метод намагничивания назван полюсным.

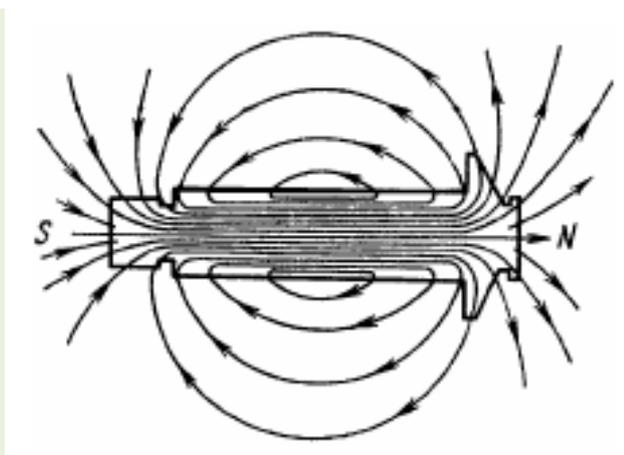


Рис. 2.42. Схема спектра магнитного поля вокруг полюсно намагниченной детали

Циркулярный метод намагничивания осуществляется либо пропусканием тока по толстому медному стержню или проводу, протянутому через деталь (рис. 2.43), либо пропусканием тока непосредственно через деталь (рис. 2.44).

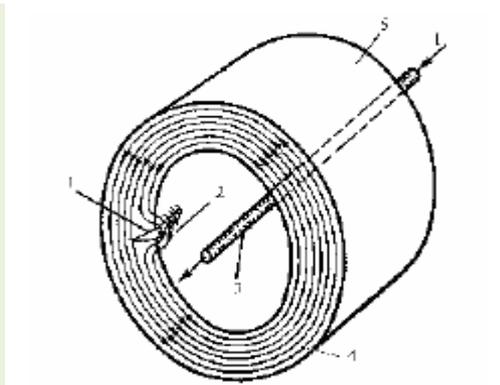


Рис. 2.43. Схема циркулярного намагничивания детали пропусканием тока по стержню:

1—трещина; 2—поле рассеяния над трещиной; 3—стержень; 4—магнитные линии; 5—деталь

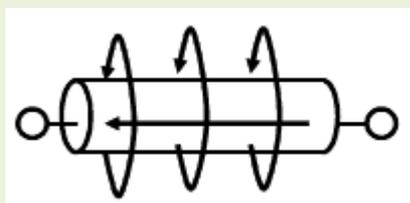


Рис. 2.44. Схема циркулярного намагничивания полем тока, пропускаемого через деталь

Последний способ применяется для контроля сплошных протяженных деталей, цилиндрических полых толстостенных деталей при выявлении дефектов на внешней поверхности цилиндра, при контроле сварных швов путем пропускания тока через шов. Прижимные контакты для пропускания тока через деталь называются электрокарандашами.

Комбинированным называется намагничивание, при котором магнитное поле возбуждается одновременно действием двух или трех источников полей, например, продольным полем электромагнита и одного или двух циркулярных полей прямого тока. Комбинированное намагничивание обеспечивает максимальную выявляемость дефектов, особенно в деталях сложной формы.

На рис. 2.45 приведен пример схемы комбинированного намагничивания.

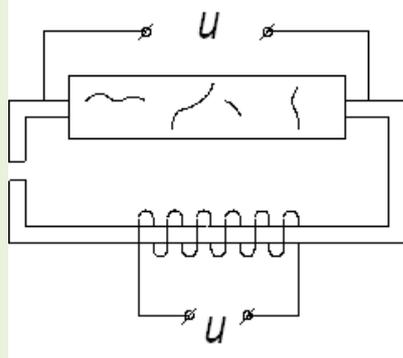


Рис. 2.45. Схема комбинированного намагничивания детали

Параллельным называется намагничивание, при котором провод с намагничивающим током расположен параллельно поверхности контролируемой детали, как показано на рис. 2.46, а. Для увеличения намагничивания изделия применяются дополнительные магнитопроводы в виде полуколец, закрепленных на токоведущем кабеле на расстоянии 3–5 мм друг от друга и плотно прижатых к изделию (рис. 2.46, б).

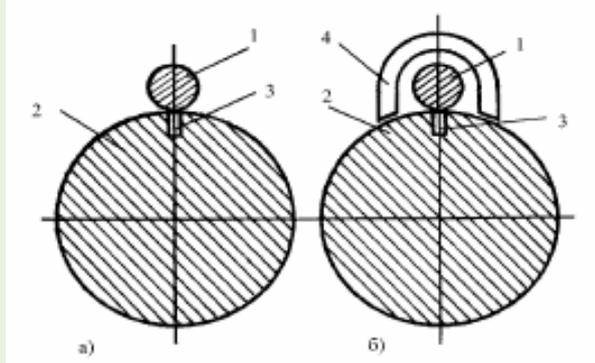


Рис. 2.46. Схема параллельного намагничивания детали:

1–кабель с током; 2–контролируемое изделие; 3–щель; 4–дополнительные магнитопроводы

Способом магнитного контакта называется намагничивание контролируемого изделия прямолинейным или подковообразным постоянным магнитом (электромагнитом) путем перемещения одного из полюсов магнита по поверхности изделия. Между контролируемой поверхностью и прижимаемым к ней полюсом магнита следует обеспечить хороший магнитный контакт. Второй полюс магнита должен быть удален на возможно большее расстояние от контролируемой поверхности, чтобы уменьшить его размагничивающее действие. На рис. 2.47 показан пример

применения способа магнитного контакта при намагничивании цилиндрической детали.

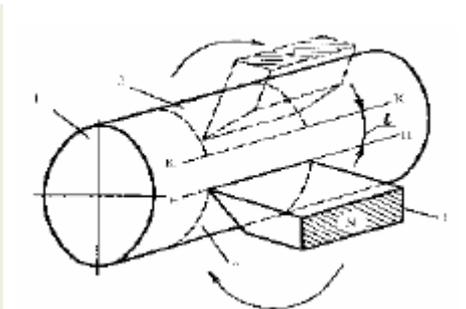


Рис. 2.47. Схема намагничивания участка детали способом магнитного контакта

Выбор способа намагничивания зависит, в частности, от направления распространения дефектов по детали. Выбирают такой способ намагничивания, при котором угол между векторами напряженности магнитного поля и направлением распространения дефектов близок к 90° , при этом достигается наибольшая чувствительность метода. Если неизвестно направление распространения трещин или деталь имеет сложную форму, намагничивание проводят в двух и более направлениях, нанося суспензию и осматривая деталь после каждого намагничивания. Для выявления различно ориентированных дефектов одной операцией намагничивания рекомендуется применять комбинированное намагничивание.

При магнитном контроле применяются различные способы регистрации дефектов. Их выбор обусловлен следующими факторами:

- 1) геометрией контролируемого изделия;
- 2) необходимой чувствительностью контроля;
- 3) заданной разрешающей способностью контроля;
- 4) производительностью контроля.

В соответствии с указанными требованиями применяются четыре основных способа регистрации дефектов при МНК:

- 1) порошковый способ;
- 2) магнитографический способ;
- 3) феррозондовый способ;

4) способ преобразователей Холла и магниторезисторов.

Порошковый способ регистрации дефектов состоит в нанесении порошка ферромагнитного материала на намагниченное контролируемое изделие и в регистрации скоплений этого порошка вблизи дефектов. Ширина полоски из осевшего порошка значительно больше ширины трещины, волосовины, поэтому магнитопорошковым способом могут быть выявлены мельчайшие трещины и другие поверхностные дефекты, невидимые при визуальном осмотре.

В качестве ферромагнитного материала наиболее часто используются черные порошки окислов магнетита Fe_3O_4 , представляющего смесь закиси железа FeO и окиси железа Fe_2O_3 . Несколько реже используется ферромагнитная окись железа Fe_2O_3 . Для получения буровато-красных порошков используется красная гамма окись железа γ — Fe_2O_3 . Для изготовления светлых порошков используются специально приготовленные смеси железного и никелевого порошков и алюминиевой пудры.

Применяются два способа нанесения ферромагнитного порошка на контролируемое изделие. «Сухой» способ состоит в нанесении на изделие высокодисперсного порошка с размерами частиц 0,1–10 мкм в воздушной взвеси, получаемой распылением порошка в специальных установках. Этот способ применяют для обнаружения подповерхностных дефектов, а также дефектов под слоем немагнитного покрытия толщиной до 200 мкм.

Другой способ нанесения сухого порошка на изделие применяется для грубо дисперсионных порошков с размером частиц от 0,05 до 2 мм. В этом случае порошок наносится с помощью пульверизатора, резиновой груши или качающегося сита. Этот способ применяется для обнаружения относительно крупных поверхностных и подповерхностных дефектов, а также для контроля деталей с грубо обработанной поверхностью.

«Мокрый» способ нанесения магнитного порошка на поверхность намагниченного контролируемого изделия осуществляют путем полива изделия суспензией магнитного порошка или путем погружения изделия

в ванну, наполненную суспензией. Магнитная суспензия должна стечь с поверхности, т.е. изделие располагают с наклоном. Возможен контроль без извлечения деталей из суспензии для осмотра. Такой способ, например, рекомендуется для обнаружения шлифовочных трещин под слоем хрома толщиной до 0,2 мм. Картина, получаемая при регистрации, представлена на рис. 2.48. Через деталь, погруженную в ванну с суспензией, по токопроводящим шинам пропускают ток $I = (10...15)D$, где D – диаметр детали, мм. При этом происходит осаждение порошка над дефектами. Контролируемую деталь осматривают, не извлекая ее из ванны, применяя экран 3 с прозрачным дном 4 , профилированным по форме детали. Наиболее часто применяются водные суспензии, в одном литре которых содержится черный магнитный порошок – 20 г, хромпик калиевый $K_2Cr_2O_7$ – 4 г, сода кальцинированная – 10 г, эмульгатор ОП-7 или ОП-10 – 5 г.



Рис. 2.48. Схема контроля детали с осмотром ее под слоем жидкости

Для облегчения обнаружения дефектов вместо черного магнитного порошка в суспензии вводят магнитно-люминесцентный порошок в количестве 4 г. Люминофорами в порошке служат флуоресцентные смолы, растворители смол, такие как хлористый метилен, люминоген светло-желтый (15 г на 100 г магнитного порошка). При облучении ультрафиолетовым светом кварцевых ламп со светофильтрами магнитные порошки с люминофорами ярко светятся. Светофильтры применяют для исключения видимого света.

В зависимости от способа магнитного контроля – в приложенном магнитном поле или на остаточной намагниченности, от формы контролируемой поверхности, от чистоты ее обработки применяются

разнообразные суспензии, жидкой фазой которых кроме воды являются керосин, масла и их смеси.

Результаты контроля оценивают по наличию на контролируемом объекте валика магнитного порошка, видимого глазом или через лупу с 2–4–кратным увеличением, воспроизводимого каждый раз при повторном нанесении суспензии или порошка. Четкий, нерасплывшийся валик свидетельствует о дефекте, выходящем на поверхность, расплывшийся валик – о подповерхностном дефекте. Длина валика равна протяженности дефекта плюс/минус погрешность, равная ширине валика.

Магнитопорошковый метод позволяет выявлять трещины с шириной раскрытия 0,001 мм, глубиной 0,01 мм и более.

Для определения дефектов под толстым слоем немагнитного покрытия, для контроля участков деталей с ограниченными подходами, для выявления дефектов в шаровых соединениях без разборки и дефектов на внутренних поверхностях глубоких отверстий в качестве эмульсий применяют каучуковую смесь с ферромагнитным порошком. Эту смесь наносят на контролируемое изделие путем полива, а дефекты обнаруживают по распределению магнитного порошка в отпечатке (реплике) – в затвердевшей каучуковой смеси. Каучуковая смесь фактически представляет собой дефектограмму – запись распределения дефектов.

Для магнитопорошкового способа регистрации контроль на остаточной намагниченности имеет некоторые преимущества перед контролем в приложенном магнитном поле: возможность установки детали в любое требуемое положение для хорошего освещения поверхности и осмотра; возможность нанесения суспензии как путем полива, так и путем погружения в ванну с суспензией одновременно нескольких изделий; простота расшифровки результатов контроля, т.к. при контроле порошок в меньшей степени оседает по рискам, наклепу, местам грубой обработки поверхности и т.п.; меньшая возможность прижога деталей в местах их контакта

с электрокарандашами, так как для остаточного намагничивания ток пропускают по детали кратковременно (0,01–1 с).

При контроле в приложенном магнитном поле сначала наносят порошок или суспензию на деталь, помещают ее, например, в соленоид и включают ток в обмотках. Медленно вытаскивая деталь из соленоида, наблюдают за распределением магнитного порошка на детали у выходного окна катушки.

Осаждение магнитного порошка не всегда указывает на наличие дефекта. Образование поля рассеяния мнимого дефекта может происходить, например, при структурной неоднородности, по границе раздела участков с резко отличающимися структурами. Осаждение порошка при этом неплотное, в виде широкой полосы с размытыми границами. При одном и том же способе намагничивания осаждение порошка происходит на всех деталях и в одних и тех же местах. Знание конструктивных особенностей деталей и технологии изготовления позволяет распознать такой мнимый дефект. Осаждение порошка в местах резкого уменьшения сечения детали можно избежать, дополнив сечение детали ферромагнитным предметом, например, вставив болт.

При повторном намагничивании и нанесении суспензии осаждение порошка обычно не происходит, если в этом месте нет дефекта типа нарушения сплошности металла. Возможно также осаждение порошка на следе соприкосновения намагниченной детали с каким-либо острым ферромагнитным предметом. Для расшифровки такого дефекта деталь необходимо повторно намагнитить. После повторного намагничивания осаждения магнитного порошка в месте соприкосновения детали с ферромагнитным предметом не будет. Чтобы отличить дефекты, выходящие на поверхность, от ложных, в качестве контрольных можно применять капиллярные методы контроля.

Магнитографический способ регистрации дефектов заключается в записи магнитных полей рассеяния над дефектом на магнитную ленту

путем намагничивания контролируемого участка изделия вместе с прижатой к его поверхности магнитной лентой и в последующем воспроизведении и расшифровке полученной магнитной записи. При магнитографическом контроле изделия намагничивают с помощью электромагнитов, реже применяют циркулярное намагничивание. Для обнаружения внутренних дефектов намагничивание производят постоянным током, а для обнаружения поверхностных и подповерхностных дефектов—переменным током.

Для примера на рис. 2.49 показана схема регистрации дефектов сварных швов магнитографическим методом: сварной шов 1 с дефектом 2 находится в детали 3; поле рассеяния от дефекта 2 фиксируется магнитной лентой 4, наложенной на сварной шов 1 и прижатой к нему резиновым поясом (на рисунке не показан). Намагничивающее поле создается постоянным электромагнитом 6 с роликами 5. Последние служат для облегчения перемещения электромагнита вдоль сварного шва. Магнитная лента, применяемая для регистрации полей рассеяния, аналогична применяемой в звукозаписи и, как правило, состоит из слоя магнитного порошка оксида железа, взвешенного в лаке, и немагнитной основы из ацетилцеллюлозы, полиэфиров или лавсана.

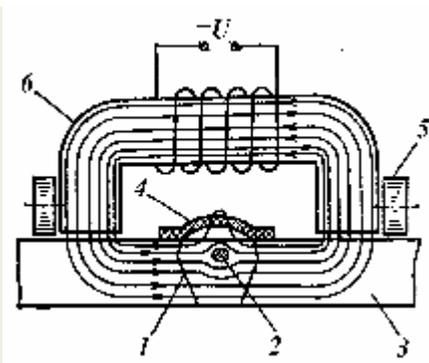


Рис. 2.49. Схема намагничивания сварного шва вместе с магнитной лентой:

1—сварной шов; 2—дефект; 3—деталь; 4—магнитная лента; 5—ролики;
6—электромагнит

Разработаны также специально для магнитографического контроля металлические ленты. Считывание записи на магнитной ленте осуществляют

с помощью кольцевой воспроизводящей головки, схема которой показана на рис. 2.50. Магнитная головка состоит из двух полуколец 1, набранных из пластин магнитомягкого материала (50НХС, 80 НХС, 79НМА и др.) толщиной 0,1–0,2 мм. Обмотка головки состоит из двух идентичных катушек 2, имеющих по 2000–3000 витков. При воспроизведении записи лента 3 перемещается относительно головки 1, часть поля рассеяния замыкается через головку и наводит в катушках 2 ЭДС индукции E . Для регистрации сигналов E применяется осциллографическая трубка с электронными блоками, такими же, как в магнитофонах.

Магнитная лента, применяемая для регистрации полей рассеяния, аналогична применяемой в звукозаписи и, как правило, состоит из слоя магнитного порошка оксида железа, взвешенного в лаке, и немагнитной основы из ацетилцеллюлозы, полиэфиров или лавсана. Разработаны также специально для магнитографического контроля металлические ленты.

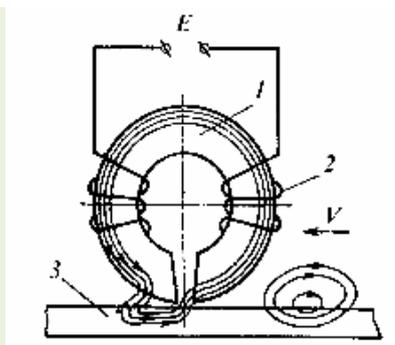


Рис. 2.50. Схема кольцевой воспроизводящей головки:

1–магнитная головка; 2–две катушки; 3–магнитная лента

Для индикации сигналов применяются магнитографические дефектоскопы МД-9, МД-11, МДУ-2У, МД-10ИМ и др.

Перед воспроизведением дефектоскоп настраивают по эталонной магнитограмме с записью магнитного поля дефекта минимально допустимых размеров. Затем регистрируются все дефекты, амплитуда импульса от которых превышает амплитуду импульса от эталонного дефекта.

Чувствительность магнитографического метода контроля определяется как отношение вертикального размера (глубины) ΔS минимально выявляемого дефекта к толщине S основного металла КО:

$$K = \frac{\Delta S}{S}$$

Магнитографией уверенно выявляются плоскостные дефекты (трещины, непровары), а также протяженные дефекты в виде цепочки шлака, ориентированные поперек направления магнитного потока. Чувствительность магнитографического метода к поверхностным дефектам такая же или несколько хуже, чем у магнитопорошкового. С увеличением глубины залегания дефекта его выявляемость ухудшается (практически возможно обнаружение дефекта с вертикальным размером не менее 10–15 % толщины изделия на глубине залегания до 20–25 мм). Округлые внутренние дефекты выявляются значительно хуже. Уверенно обнаруживаются внутренние плоскостные дефекты, когда их вертикальный размер составляет $\Delta S \approx 8 \div 10$ % толщины сварного шва; внутренние округлые дефекты возможно обнаружить только при $\Delta S \approx 20$ %.

На рис. 2.51 показана структурная схема магнитографического дефектоскопа.

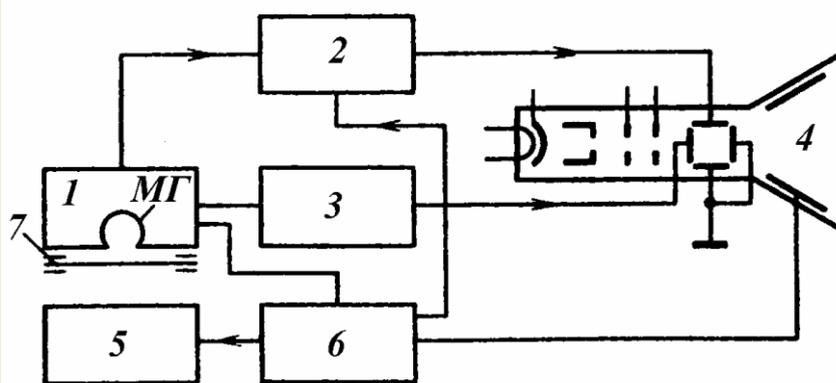


Рис. 2.51. Блок-схема магнитографического дефектоскопа:

1–лентопротяжный механизм; 2–усилитель; 3–генератор развертки;

4–электронно-лучевая трубка; 5–стирающее устройство;

6–блок питания; 7–магнитная лента

Феррозондовый способ регистрации дефектов в намагниченных материалах осуществляется с помощью магниточувствительных приемников – феррозондов, состоящих из одинаковых магнитных сердечников с четырьмя обмотками, в которых наводится электродвижущая сила (ЭДС) магнитным полем, рассеянным дефектами в контролируемом изделии.

Сердечники феррозондов изготавливаются из магнитомягких материалов, которые обладают малой коэрцитивной силой; обычно это пермоллой. Схема феррозонда показана на рис. 2.52. Феррозонд состоит из двух параллельных сердечников C_1 и C_2 – полузондов, каждый из которых имеет по две обмотки: одну – возбуждающую переменное магнитное поле (обмотки n_1' и n_1''), которым намагничиваются сердечники, и другую – индикаторную (обмотки n_2' и n_2''), для регистрации ЭДС, наведенной магнитным полем, рассеянным дефектом сердечники, и другую – индикаторную (обмотки n_2' и n_2''), для регистрации ЭДС, наведенной магнитным полем, рассеянным дефектом.

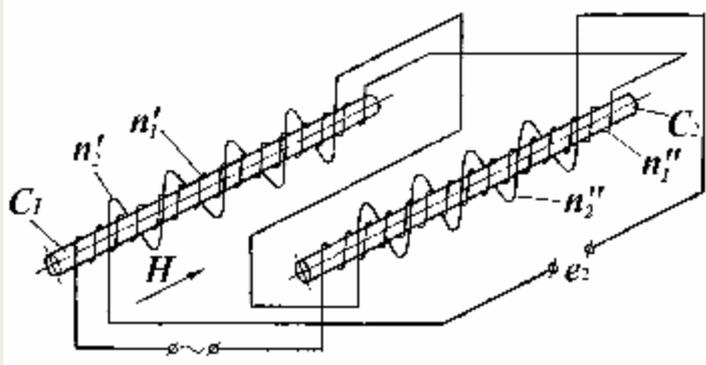


Рис. 2.52. Схема феррозонда для измерения напряженности магнитного поля

В зависимости от схемы соединения обмоток феррозонда последним можно производить измерения либо напряженности \vec{H} магнитного поля, либо градиента этого поля $\vec{\Delta H}$. В первом случае феррозонд называется полемером, а во втором случае – градиентомером. У полемера одинаковые первичные обмотки включены встречно, их магнитные поля компенсируют друг друга,

индукции B_1 и B_2 в полужондах одинаковы, поэтому ЭДС во вторичных обмотках равны нулю.

У феррозонда-градиентомера намагничивающие обмотки n'_1 и n''_1 включены последовательно. Наводимое ими переменное поле намагничивает сердечники C_1 и C_2 полужондов, возбуждая ЭДС в индикаторных обмотках n'_2 и n''_2 . Однако последние включены встречно, поэтому ЭДС на выходе феррозонда равна нулю.

Феррозонды, применяемые в промышленности, имеют достаточно малые размеры—диаметром от 2 до 6 мм.

Способ регистрации дефектов с помощью преобразователей Холла и магниторезисторов. Принцип действия преобразователя Холла основан на возникновении ЭДС U_y между гранями A и B прямоугольной пластины из полупроводникового материала (рис. 2.53), по которому протекает ток I в направлении, перпендикулярном AB , когда плоскость пластины пересекается постоянным магнитным полем с индукцией B_z .

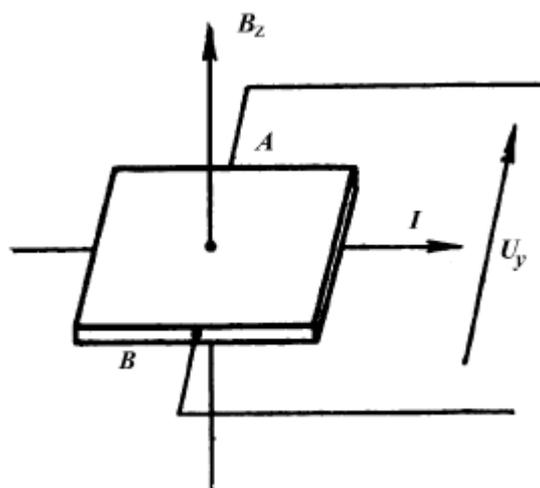


Рис. 2.53. Схема работы датчика Холла

Основными полупроводниковыми материалами, используемыми при промышленном изготовлении преобразователей Холла, являются кремний Si, германий Ge, арсенид галлия GaAs. Кремниевые датчики (преобразователи) Холла обозначаются буквами ДХК, германиевые —ДХГ, арсенид-галиевые—ХАГ.

Токи I , протекающие через преобразователи разных типов, лежат в пределах от 4 до 25 мА; пределы измеряемых магнитных полей составляют 10^{-4} Тл; габаритные размеры колеблются в следующих пределах: толщина от 0,02 до 0,7 мм; длина от 2 до 11 мм, ширина от 2 до 7 мм. Такие размеры датчиков Холла позволяют проводить измерения в узких зазорах, отверстиях небольшого диаметра.

При измерении рассеянных дефектами сильных магнитных полей с индукцией больше 0,2 Тл применяются полупроводниковые преобразователи–магниторезисторы из антимонида индия InSb и арсенида индия InAs. Принцип действия этих преобразователей основан на возрастании омического сопротивления полупроводникового материала при внесении его в магнитное поле.

После контроля изделие необходимо размагнитить, так как остаточная намагниченность может вызвать нежелательные последствия. Например, поверхности плохо размагниченных подшипников, других вращающихся и соприкасающихся при работе деталей притягивают ферромагнитные продукты износа, что вызывает ускоренный выход деталей из строя. При быстром вращении намагниченных деталей в соседних массивных деталях могут возбуждаться значительные вихревые токи. Неразмагниченные детали могут нарушить ход часов и тому подобных механизмов.

Любое размагничивание (кроме нагревания КО выше температуры Кюри) сводится к периодическому изменению величины и направления магнитного поля, в котором находится КО, с постепенным уменьшением этого поля до нуля.

Обычно применяют следующие способы размагничивания:

- медленное протаскивание намагниченного КО через отверстие катушки, питаемой переменным током частоты 50 Гц. Деталь удаляют на расстояние не менее 1 м от катушки. В этом случае переменное поле, обладая ограниченной глубиной проникновения, эффективно размагничивает только поверхностный слой детали;

- пропускание переменного тока, равного намагничивающему, непосредственно через деталь с постепенным уменьшением его до нуля;
- коммутацию постоянного тока в соленоиде или в обмотках электромагнита с постепенным снижением тока до нуля;
- использование электромагнита, питаемого переменным током, постепенно снижаемым до нуля.

Лучший результат достигается с использованием тех же средств, что применялись при намагничивании. Начальное поле размагничивания должно быть не меньше поля, действовавшего при намагничивании. Ток не должен выключаться, когда деталь находится в сфере влияния поля; направления намагничивающего и размагничивающего полей должны совпадать.

Для качественного контроля размагничивания можно использовать притяжение малых магнитных масс. С этой целью подводят нижний конец цепочки из 6–10 канцелярских скрепок к детали и по отклонению цепочки от вертикального положения (вследствие ее притяжения к детали) судят о размагниченности детали. Основным прибором МНК является магнитный дефектоскоп, схематически показанный на рис. 2.54.

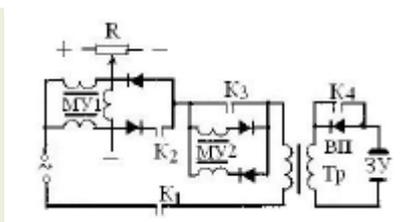


Рис. 2.54. Принципиальная схема дефектоскопа У-604-68

Контролируемая деталь помещается в зажимное устройство ЗУ, подсоединенное ко вторичной обмотке силового трансформатора Тр. Блок германиевых вентилях ВП обеспечивает намагничивание контролируемой детали выпрямленным однополупериодным током. Если вентили ВП шунтируются контактами К₄, намагничивание осуществляется переменным током. Первичная обмотка понижающего трансформатора Тр подключена к сети переменного тока 380/220В через магнитные усилители МУ₁ и МУ₂. С помощью потенциометра R изменяется ток от нуля до максимальной

величины. При размагничивании детали выключают ток управления усилителей, в результате чего возникает переходный процесс в виде затухающей синусоиды и деталь размагничивается в течение 5–6 с.

Схема передвижного магнитного дефектоскопа ДМП-2 показана на рис. 2.55.

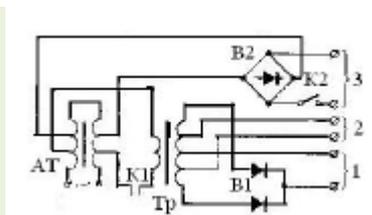


Рис. 2.55. Принципиальная схема дефектоскопа ДМП-2:

1, 2–клеммы питания для циркулярного намагничивания; 3–клеммы питания для намагничивания приложенным полем

Силовой понижающий трансформатор Tr подключен к сети через регулирующий силу тока автотрансформатор AT . Со вторичной обмотки трансформатора Tr через двухполупериодный выпрямитель B_1 на клеммы 1 подается постоянный ток силой до 350 А для циркулярного намагничивания при помощи электрокарандашей. На клеммы 2 подается переменный ток силой до 1300 А для циркулярного намагничивания при помощи магнитных присосок. Клеммы 3 служат для питания постоянным током электромагнита, в приложенном поле которого осуществляется контроль.

Стационарные, передвижные и переносные дефектоскопы, как правило, включают элементы:

- блок питания;
- блок формирования намагничивающего тока;
- намагничивающие устройства;
- устройство для размагничивания;
- устройство для нанесения дефектоскопических материалов;
- блок автоматического управления технологическими операциями

контроля;

- исполнительные устройства для осуществления автоматических операций контроля;
- приборы и устройства для контроля качества дефектоскопических материалов и технологических процессов;
- устройства для осмотра контролируемой поверхности и регистрации дефектов.

Внешний вид средств магнитного контроля в представлено на рис. Б.1 приложения Б.

2.4.10 **Токовихревые методы контроля**

Электромагнитный метод (вихревых токов) основан на регистрации изменений взаимодействия электромагнитного поля катушки с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых этой катушкой в КО. Его применяют для обнаружения поверхностных дефектов в магнитных и немагнитных деталях и полуфабрикатах. Метод позволяет обнаруживать нарушения сплошности (в основном трещины) на различных по конфигурации деталях.

Токовихревой контроль основан на анализе изменения электромагнитного поля вихревых токов под действием тех или иных неоднородностей КО. Так как вихревые токи могут возбуждаться в электропроводящих материалах, этот метод контроля может быть использован для любых металлов.

Возбудителем вихревых токов может быть поле движущегося магнита, переменное поле тока в проводе, волна радиоизлучения. Чаще всего вблизи поверхности контролируемого изделия помещается возбуждающая вихревые токи катушка индуктивности с переменным током или комбинация нескольких катушек. В свою очередь, электромагнитное поле вихревых токов воздействует на катушки преобразователя, наводя в них электродвижущую силу или изменяя их полное сопротивление. Сигнал может формироваться

в той же обмотке, по которой идет возбуждающий ток, или же используется дополнительная катушка или катушки.

Для контроля все изделие или его часть помещают в поле датчика (рис. 2.56).

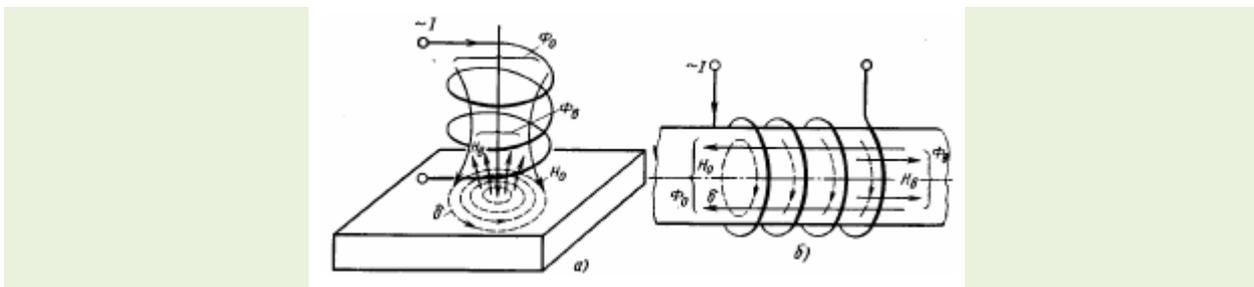


Рис. 2.56. Линии напряжения магнитных полей H_0 , H_B и плотности вихревых токов δ при контроле накладным (а) и проходным (б) датчиком

Регистрируя напряжение на катушке или ее сопротивление, можно получить сведения о контролируемом изделии. Напряжение и сопротивление катушки зависят от многих параметров, что обуславливает широкие возможности ТВК (дефектоскопия, толщинометрия, структурометрия, сортировка металла по маркам, контроль состояния поверхности и т.д.). С другой стороны, это обстоятельство затрудняет разделение информации о различных параметрах объекта и требует использования специальных способов фильтрации шумов.

Для анализа изменения электромагнитного поля обычно используют активное и индуктивное сопротивление катушки, амплитуду напряжения, сдвиг фаз измеряемого и опорного напряжений. Глубина проникновения вихревых токов зависит от частоты электромагнитных колебаний, электрических и магнитных характеристик металла, формы катушки и поверхности изделия. Обычно она колеблется от долей миллиметра до 1–3 мм.

Чувствительность метода зависит от многих факторов; при благоприятных условиях удастся выявить трещины глубиной 0,1–0,2 мм протяженностью 1–2 мм, расположенные на глубине до 1 мм.

ТВК можно проводить без контакта между катушкой и металлом, зазор может составлять от долей миллиметра до нескольких миллиметров. Это позволяет свободно перемещать преобразователь, что существенно для автоматизации процесса контроля. Выходной величиной ТВК является электрический сигнал, что позволяет автоматически регистрировать результаты контроля. Еще одно преимущество метода – возможность осуществления контроля с большой скоростью, соизмеримой со скоростью механической обработки КО.

Токовихревой дефектоскоп (рис. Б.2 приложения Б) состоит из генератора, преобразователя, усилителя, анализатора изменения поля (амплитудный или частотный детектор, фазочувствительный элемент) и индикатора.

В зависимости от заданного параметра контроля существуют различные схемные решения приборов и различные преобразователи. Преобразователи ТВК по рабочему положению относительно КО делят на накладные и проходные. Накладные преобразователи представляют собой одну или несколько катушек, подводимых торцом к поверхности объекта. Их выполняют с ферритными сердечниками, повышающими чувствительность и локализирующими зону контроля, или без них. Накладные преобразователи применяют для контроля плоских поверхностей или для деталей сложной формы, а также в тех случаях, когда требуется обеспечить локальность контроля и высокую чувствительность.

Проходные преобразователи бывают наружные и внутренние. Электромагнитная волна от ползающей системы в этом случае распространяется вдоль поверхности КО. Проходные преобразователи применяются для линейно протяженных изделий и охватывают КО, движущийся внутри катушки, либо движутся сами внутри объекта (например, трубы). Проходные преобразователи менее чувствительны к локальным изменениям свойств КО.

В зависимости от способа соединения обмоток преобразователя различают абсолютные (выходной сигнал определяется абсолютными параметрами КО и их изменением) и дифференциальные (выходной сигнал определяется разницей свойств двух рядом расположенных участков) датчики. Абсолютные датчики используют для контроля электропроводности и проницаемости материала, размеров, сплошности. Дифференциальные преобразователи более чувствительны, но для протяженных дефектов позволяют определить только начало и конец дефекта.

По электрическим свойствам сигнала различают параметрические и трансформаторные преобразователи. В первых сигналом служит приращение комплексного сопротивления, во вторых – приращение комплексного напряжения, возникающего в одной или нескольких измерительных обмотках. В параметрических датчиках сигнал формируется в той же обмотке, по которой идет возбуждающий ток. В трансформаторных датчиках измерительная обмотка может быть размещена на той же катушке или на другой. Такие датчики имеют более высокую температурную стабильность. Параметрические датчики более просты конструктивно, частотный диапазон работы у них шире. Если измерительные датчики выполнены отдельно от полезадающих, то обычно они располагаются вблизи поверхности КО.

Вихревые токи протекают непосредственно под датчиком, в небольшом объеме изделия. Их амплитуда различна в каждой точке на поверхности изделия и в глубине. Анализ пространственной картины вихревых токов необходим для понимания основ метода и его эффективного практического использования. Плоскости, в которых расположены траектории вихревых токов, перпендикулярны линиям напряженности возбуждающего поля. Возбуждаемые цилиндрическими датчиками вихревые токи протекают по окружностям, соосным с датчиком. В случае однородного изотропного материала значения плотности тока и их фазы от угловой координаты не зависят.

На силу вихревых токов оказывает влияние не только наличие дефекта, но также площадь изделия, электропроводность материала и его магнитная проницаемость. Уменьшение магнитной проницаемости и электропроводности материала будет ослаблять вихревые токи так же, как и появление дефекта. Для использования токовихревого метода в дефектоскопии необходимо иметь способы отстройки от влияния изменения других параметров.

Сигнал датчика представляет собой комплексную величину вносимого активного и индуктивного сопротивлений или активной и реактивной составляющих вносимого напряжения для трансформаторного датчика.

Поскольку параметры вихревых токов зависят от электропроводности, проницаемости, сплошности металла, от этих же величин зависит и сигнал. Чаще принято рассматривать изменение сигнала датчика совместно на комплексной плоскости сопротивлений или напряжений. Зависимость сигнала от обобщенного параметра, положения датчика относительно изделия, его формы, размеров, сплошности материала представляет собой сложную комплексную функцию. Влияние каждой переменной на сигнал изображается графически на комплексной плоскости.

В подавляющем большинстве случаев основой при анализе этих зависимостей служит годограф сигнала $F(\omega_0)$ витка, плотно прилегающего к немагнитному изделию.

Анализируя годографы, выбирают оптимальную рабочую частоту, конструкцию датчика, измерительную схему, приемы контроля, обеспечивающие необходимую чувствительность прибора к проверяемому параметру и полное или частичное снятие влияния изменений неконтролируемых свойств.

Основное влияние на вид годографов оказывает та часть вихревых токов, которая протекает в слоях, ближе всего расположенных к измерительной обмотке датчика. Фазы вихревых токов вблизи обмотки для накладных и проходных датчиков на одной и той же частоте могут

значительно отличаться, поэтому годографы для различных групп датчиков различаются между собой.

Простейшая схема прибора для ТВК приведена на рис. 2.57.

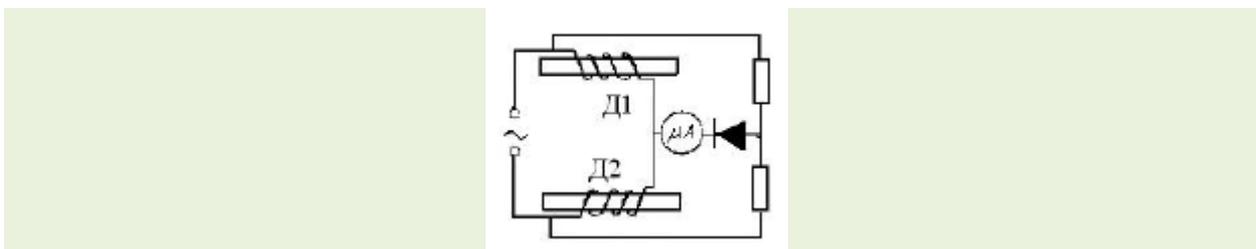


Рис. 2.57. Схема измерительного моста с двумя датчиками

Одинаковые датчики Д1 и Д2 включены в мостовую схему с регистрирующим микроамперметром. На датчики подается от генератора переменное напряжение \sim .

В поле датчика Д1 расположен контрольный образец 1, а в поле датчика Д2—контролируемое изделие 2. Если изделие и образец одинакового качества, то мост сбалансирован, через индикатор μA ток не течет. Если изделие отличается от образца, например из-за дефекта, то мост разбалансируется и прибор μA зафиксирует протекающий ток.

Если датчики Д1 и Д2 неодинаковы, то при помещении в их поле идентичных изделий будет наблюдаться остаточное напряжение, для устранения которого схема моста усложняется.

При контроле электромагнитными индукционными дефектоскопами типа ЭМИД используют два дифференциально включенных датчика, один из которых присоединен к эталонному образцу, а другой—к контролируемому изделию. При этом на выходе двух трансформаторных датчиков возникает напряжение, амплитуда и фаза которого определяется разницей свойств и эталонного образца, и контролируемого изделия. Это напряжение наблюдается на экране электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) в виде кривой, позволяющей оценить свойства изделия несколькими способами:

- 1) по форме кривой;
- 2) по фазе (положению нулей и максимумов) кривой;
- 3) по отклонению кривой от горизонтальной развертки луча (по

амплитуде);

4) по сочетанию нескольких параметров кривой.

Преимущества метода ТВК по сравнению с другими методами выявления поверхностных дефектов (например, капиллярным методом) наиболее значительны при контроле сталей с защитными покрытиями; при контроле деталей в процессе эксплуатации машин; при контроле проката в технологическом процессе; при массовом контроле однотипных деталей, например, шаров, роликов, втулок, обойм шарикоподшипников и т.п. деталей, в процессе их изготовления.

2.4.11 Акустические (ультразвуковые) методы контроля

Акустические методы основаны на регистрации колебаний, возбуждаемых или возникающих в контролируемом объекте. Сущность метода состоит в анализе характеристик упругих колебаний и волн частот от 50 Гц до 50 МГц. Интенсивность колебаний обычно невелика, не превышает 1 кВт/м^2 . Их применяют для обнаружения поверхностных и внутренних дефектов (нарушений сплошности, неоднородности структуры, межкристаллитной коррозии, дефектов склейки, пайки, сварки и т.п.) в деталях и изделиях, изготовленных из различных материалов. Они позволяют контролировать геометрические параметры при одностороннем допуске к изделию, а также физико-механические свойства металлов и металлоизделий без их разрушения.

Акустические методы контроля делятся на активные (основаны на излучении и приеме упругих волн: теневой, велосимметричный, эхо-метод и др.) и пассивные (основаны только на приеме упругих волн, источником которых служит сам объект контроля: акустико-эмиссионный, вибрационно-диагностический, шумодиагностический). В настоящее время разработаны и успешно применяются теневой, резонансный, эхоимпульсный,

эмиссионный, велосимметрический, импедансный и метод свободных колебаний. Эти методы называют также ультразвуковыми.

Такие колебания происходят в области упругих деформаций среды, где напряжения и деформации связаны пропорциональной зависимостью (область линейной акустики). Кроме упругости по объему, в твердом теле существует упругость по форме, поэтому в теле могут распространяться волны двух типов: продольные и поперечные. Акустические волны в твердых телах характеризуются либо смещением, либо колебательными скоростями, либо тензорами деформации или напряжения. Для контроля применяют разные типы (моды) волн, отличающиеся направлением колебаний частиц, скоростью распространения и другими признаками. В продольной волне колебательные скорости частиц среды совпадают с направлением распространения волны, в поперечной – перпендикулярны ему. Известно много акустических методов неразрушающего контроля (рис. 2.58), некоторые применяются в нескольких вариантах.

Методы прохождения используют излучающие и приемные преобразователи, расположенные по разные или по одну сторону контролируемого изделия. Применяют импульсное или (реже) непрерывное излучение и анализируют сигнал, прошедший через контролируемый объект. К методам прохождения относят амплитудный; теневой метод; временной теневой метод; велосимметрический метод.

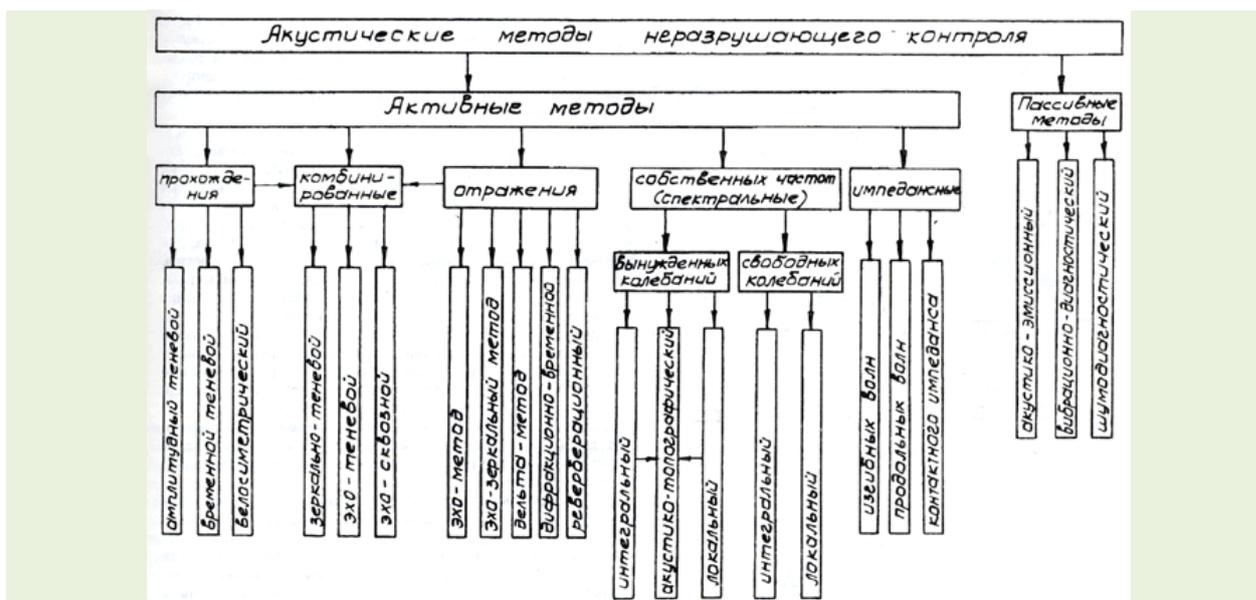


Рис. 2.58. Классификация акустических методов контроля

В методах отражения используют как один, так и два преобразователя; применяют импульсное излучение. К этой подгруппе относят эхо-метод; эхо-зеркальный метод; дельта-метод; дифракционно-временной метод; реверберационный метод.

В комбинированных методах используют принципы как прохождения, так и отражения акустических волн: зеркально-теневой метод; эхо-теневой метод; эхо-сквозной метод.

Методы собственных частот основаны на измерении этих частот (или спектров) колебаний контролируемых объектов. Собственные частоты измеряют при возбуждении в изделиях как вынужденных, так и свободных колебаний. Свободные колебания обычно возбуждают механическим ударом, вынужденные—воздействием гармонической силы меняющейся частоты.

Импедансные методы используют зависимость импедансов изделий при их упругих колебаниях от параметров этих изделий и наличия в них дефектов. Пассивные акустические методы основаны на анализе упругих колебаний волн, возникающих в самом контролируемом объекте. Наиболее характерным пассивным методом является акустико-эмиссионный метод. Явление акустической эмиссии состоит в том, что упругие волны излучаются самим материалом в результате внутренней динамической локальной

перестройки его структуры. Такие явления, как возникновение и развитие трещин под влиянием внешней нагрузки, аллотропические превращения при нагреве или охлаждении, движение скоплений дислокаций,—наиболее характерные источники акустической эмиссии. Контактующие с изделием пьезопреобразователи принимают упругие волны и позволяют установить место их источника (дефекта).

Пассивными акустическими методами являются вибрационно-диагностический и шумодиагностический. При первом анализируют параметры вибраций какой-либо отдельной детали или узла (ротора, подшипников, лопатки турбины) с помощью приемников контактного типа, при втором—изучают спектр шумов работающего механизма, обычно с помощью микрофонных приемников.

По частотному признаку акустические методы делят на низкочастотные и высокочастотные. К первым относят колебания в звуковом и низкочастотном (до нескольких десятков кГц), ультразвуковом диапазоне частот. Ко вторым—колебания в высокочастотном ультразвуковом диапазоне частот: обычно от нескольких сот кГц до 20 МГц. Высокочастотные методы обычно называют ультразвуковыми.

Из рассмотренных акустических методов контроля наибольшее практическое применение находит эхо-метод. Около 90 % объектов, контролируемых акустическими методами, проверяют эхо-методом. Применяя различные типы волн, с его помощью решают задачи дефектоскопии поковок, отливок, сварных соединений, многих металлических материалов. Эхо-метод используют также для измерения размеров изделий. Измеряют время прихода донного сигнала и, зная скорость ультразвука в материале, определяют толщину изделия при одностороннем доступе. Если толщина изделия неизвестна, то по донному сигналу измеряют скорость, оценивают затухание ультразвука, а по ним определяют физико-механические свойства материалов.

Зеркально-теневого метод используют вместо или в дополнение к эхо-методу для выявления дефектов, дающих слабое отражение ультразвуковых волн в направлении раздельно-совмещенного преобразователя. Дефекты (например, вертикальные трещины), ориентированные перпендикулярно поверхности, по которой перемещают преобразователь(поверхности ввода), дают очень слабый рассеянный сигнал и донный сигнал благодаря тому, что на их поверхности продольная волна трансформируется в головную, которая в свою очередь излучает боковые волны, уносящие энергию. Пример применения зеркально-теневого метода–контроль рельсов на вертикальные трещины в шейке. По чувствительности этот метод и обычно в 10–100 раз хуже эхо-метода.

Эхо-зеркальный метод также применяют для выявления дефектов, ориентированных перпендикулярно поверхности ввода. При этом он обеспечивает более высокую чувствительность к таким дефектам, но требует, чтобы в зоне расположения дефектов был достаточно большой участок ровной поверхности. В рельсах, например, это требование не выполняется, поэтому там возможно применение только зеркально-теневого метода. Эхо-зеркальный метод в варианте «тандем» используют для выявления вертикальных трещин и непроваров при контроле сварных соединений. Дефекты некоторых видов сварки, например, непровар при электронно-лучевой сварке, имеют гладкую отражающую поверхность, очень слабо рассеивающую ультразвуковые волны, но такие дефекты хорошо выявляются эхо-зеркальным методом. Дефекты округлой формы (шлаковые включения, поры) дают большой рассеянный сигнал и хорошо регистрируются совмещенным преобразователем, в тоже время зеркальное отражение от них слабое. В результате сравнения отраженных сигналов определяют форму дефекта сварного соединения. Дельта и дифракционно-временной методы также используют для получения дополнительной информации о дефектах при контроле сварных соединений. Эффективная трансформация волн на дефекте произойдет, если угол падения на плоский дефект меньше третьего

критического, либо если продольная волна возникает в результате рассеяния на дефекте. Для создания хорошего контакта приемного прямого преобразователя с поверхностью сварного соединения валик усиления зачищают. С помощью этого метода довольно точно определяют положение дефекта вдоль сварного шва, что важно для его автоматической регистрации.

Эхо-теневого метод применяют также при контроле сварных соединений. Например, при автоматическом контроле сварных соединений искатели располагают по обе стороны от шва и принимают как отраженные, так и прошедшие сигналы. Последние используют для контроля качества акустического контакта и обнаружения дефектов, ориентированных таким образом, что эхо-сигналы от них очень слабы.

Теневой и эхо-сквозной методы используют только при двустороннем доступе к изделию, для автоматического контроля изделий простой формы, например, листов в иммерсионной ванне. Перемещение листа вверх и вниз между преобразователями в иммерсионной ванне не изменяет времени прохождения сигналов от излучателя к приемнику, что существенно упрощает конструкцию установки. Чувствительность теневого метода к дефектам в 10–100 раз меньше, чем эхо-метода в связи с большим влиянием помех. Применение эхо-сквозного метода в значительной мере устраняет этот недостаток. Теневой метод применяют также для контроля изделий с большим уровнем структурной реверберации, т.е. шумов, связанных с отражением ультразвука от неоднородностей, крупных зерен, дефектоскопии многослойных конструкций и изделий из слоистых пластиков. Сквозной сигнал попадает на приемник раньше, чем структурные реверберации, что позволяет его зарегистрировать на фоне шумов. При контроле тонких изделий с очень высоким уровнем структурных шумов более высокую чувствительность обеспечивает временной теневой метод.

Теневой и временной методы позволяют обнаруживать крупные дефекты в материалах, где контроль другими акустическими методами затруднен или невозможен: крупнозернистой стали, сером чугуна, бетоне,

огнеупорном кирпиче. Теневой метод применяют вместо эхо-метода при исследовании физико-механических свойств материалов с большим затуханием и рассеянием акустических волн, например, при контроле прочности бетона по скорости ультразвука. Для этой цели применяют не только теневой метод, но (в более общем виде) метод прохождения. Например, излучатель и приемник располагают с одной стороны изделия, на одной поверхности и измеряют время и амплитуду сквозного сигнала головной волны.

Локальный метод вынужденных колебаний применяют для измерения малых трещин при одностороннем доступе. Контактный резонансный толщиномер, в 60-х гг. был основным средством толщинометрии. В настоящее время для ручного контроля применяют импульсные толщиномеры. Для автоматического измерения толщины стенок тонких труб лучший результат дает иммерсионный резонансный толщиномер.

Интегральный метод вынужденных колебаний применяют для определения модулей упругости материала по резонансным частотам продольных, изгибных или крутильных колебаний образцов простой формы, вырезанных из материала изделия, т.е. при разрушающих испытаниях. В последнее время этот метод используют также для неразрушающего контроля небольших изделий: абразивных кругов, турбинных лопаток. Появление дефектов или изменение свойств материалов определяют по изменению спектра резонансных частот. Свойства, связанные с затуханием ультразвука (изменение структуры, появление мелких трещин), определяют по изменению добротности колебательной системы.

Реверберационный, импедансный, велосимметрический, акустико-топографический методы и локальный метод свободных колебаний используют в основном для контроля многослойных конструкций. Реверберационным методом обнаруживают, в основном, нарушения соединений металлических слоев (обшивок) с металлическими или неметаллическими силовыми элементами или наполнителями. Импедансным

методом выявляют дефекты соединений в многослойных конструкциях из композиционных полимерных материалов и металлов, применяемых в различных сочетаниях. Велосимметрическим методом и локальным методом свободных колебаний контролируют, в основном, изделия из полимерных композиционных материалов. Акустико-топографический метод применяют для обнаружения дефектов преимущественно в металлических многослойных конструкциях (сотовые панели, биметаллы и т.п.).

Вибрационно-диагностический и шумо-диагностический методы служат для диагностики работающих механизмов. Метод акустической эмиссии применяют в качестве средства исследования материалов, конструкций, контроля изделий (например, при гидроиспытаниях) и диагностики во время эксплуатации. Его важными преимуществами перед другими методами контроля является то, что он реагирует только на развивающиеся, действительно опасные дефекты, а также возможность проверки больших участков или даже всего изделия без сканирования его преобразователем. Основной его недостаток как средства контроля – трудность выделения сигналов от развивающихся дефектов на фоне помех (кавитационных пузырьков в жидкости, подаваемой в объект при гидроиспытаниях, трения в разъемных соединениях и т.д.).

В акустических методах контроля применяют дефектоскопы. Ультразвуковой дефектоскоп УД2-70 (рис. В.1 приложения В) предназначен для контроля продукции на наличие дефектов типа нарушения сплошности и однородности материалов, полуфабрикатов, готовых изделий и сварных соединений, для измерения глубины и координат их залегания, измерения отношений амплитуд сигналов от дефектов. Также имеются специальные меню, которые применяются для выявления дефектов в деталях и узлах локомотивов и в деталях элементов колесных пар вагонов, в которых записаны типовые настройки прибора.

Основные технические характеристики на ультразвуковой дефектоскоп УД2-70 представлены в табл. В.1 приложения В.

2.4.12 Радиационные методы контроля

Радиационные методы контроля основаны на регистрации и анализе проникающего ионизирующего излучения. Используется рентгеновское, гамма-излучение, потоки нейтрино и т.д. Проходя через толщ изделия, проникающие излучения по-разному ослабляются в дефектном и бездефектном сечениях и несут информацию о внутреннем строении вещества и наличии дефектов внутри изделия. Эти методы используются для контроля сварных и паяных швов, отливок, проката и т.п.

Система радиационного контроля (система РК) состоит из четырех основных элементов (рис. 2.59): источника излучения, объекта контроля, детектора излучения, средства расшифровки и оценки результатов контроля.

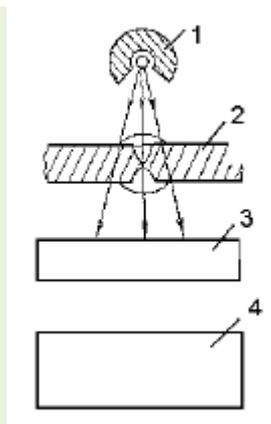


Рис. 2.59. Система радиационного контроля:

1–источник излучения; 2–объект контроля; 3–детектор излучения; 4–средства расшифровки и оценки результатов контроля

Свойства элементов системы контроля, которые влияют на результаты, называют характеристиками системы контроля или ее параметрами. К характеристикам источника излучения относятся энергия и интенсивность излучения, размер активной части излучателя; объект контроля характеризуется толщиной и плотностью материала; характеристики детектора излучения – контрастность, чувствительность, эффективность и т.п.

Средства расшифровки и оценки результатов контроля обусловлены квалификацией и опытом дефектоскописта и совершенством технической документации. К параметрам системы РК относятся также величины, характеризующие взаимное расположение элементов системы контроля в пространстве и во времени, например, расстояние от источника излучения до детектора, время экспозиции и т.п. Система РК в целом также характеризуется величиной дефектов, выявляемых с заданной вероятностью и производительностью контроля. Требования к этим основным характеристикам зависят от требований к качеству контролируемых изделий.

По используемым видам ионизирующего излучения РК подразделяется на виды:

- 1) рентгеновский контроль;
- 2) контроль моноэнергетическим β -излучением;
- 3) контроль тормозным излучением ускорителей электронов;
- 4) контроль потоком тепловых нейтронов;
- 5) γ -контроль;
- 6) контроль потоком протонов;
- 7) контроль немонаэнергетическим β -излучением радиоактивных изотопов;
- 8) контроль потоком позитронов.

В зависимости от задач, стоящих перед контролем, и вида изделия, наиболее эффективен тот или другой вид излучения. Так, для контроля сварных и паяных соединений эффективно использование 1–7-го видов излучений; для контроля слитков и отливок и обнаружения в них трещин, пор, рыхлот, ликваций–1, 3, 5-й виды; неправильности формы внутренних закрытых полостей также уверенно обнаруживаются этими видами излучения. Микродетали, элементы электронной техники–дефекты пайки, обрывы и оплавление проводов обнаруживаются при применении 1, 2, 4, 6-го видов, а усталость материала (контроль деталей и узлов, бывших в эксплуатации)–8-м видом.

Способы регистрации радиационных изображений подразделяются на три группы:

- 1) радиографические (фотографический, ксерорадиографический, строборадиографический и т.п.);
- 2) радиоскопические (способы радиационной интроскопии: визуальные радиационные, т.е. видение радиационных изображений на экране преобразователя, радиотелевизионные, стереорадиоинтроскопические);
- 3) радиометрические (ионизационный; спектрометрический; сцинтилляторный).

Наибольшее распространение получили рентгенография, рентгеноскопия и γ -контроль. Для создания ионизирующего излучения используются рентгеновские аппараты (рентгеновские трубки); ускорители заряженных частиц; радиоактивные изотопы. Рентгеновские трубки служат источниками характеристического и тормозного излучений в широком диапазоне энергий (от 0,5 до 1000 кэВ). Их используют для просвечивания стальных листов, деталей до 120–160 мм.

Ускорители электронов являются источниками высокоэнергетического тормозного излучения (до 35 МэВ). Используются для просвечивания стальных листов большой толщины (>450 мм). Они служат также источниками β -излучения большой энергии и генераторами нейтронного потока. Радиоактивные изотопы являются источником рентгеновского β - и γ -излучений, потоков нейтронов и позитронов, и используются для просвечивания стальных изделий толщиной до 200 мм.

Для получения рентгеновского излучения используют рентгеновскую трубку, представляющую собой стеклянную колбу, из которой откачан воздух до 10^{-4} – 10^{-6} Па. В сосуд впаяны два электрода – катод в виде спирали из толстой вольфрамовой проволоки и анод из медного полого цилиндра («антикатод») с приваренной к нему мишенью из вольфрама. К спирали катода подается низковольтное напряжение (2–12 В), а к электродам –

высокое напряжение (более 10 кВ). При накале спирали вследствие термоэлектронной эмиссии из нее вылетают электроны, которые специальным устройством фокусируются в узкий пучок и под действием электрического поля с большой скоростью движутся к аноду.

Проходящий через трубку ток измеряется миллиамперметром на пульте управления. Ток трубки регулируется изменением степени накала нити катода. Электроны, попадающие на мишень анода, тормозятся в ней и теряют скорость, а следовательно, и кинетическую энергию. Частично кинетическая энергия электронов превращается в лучистую энергию, которая выделяется в виде фотонов тормозного излучения, используемого при дефектоскопии изделий, а часть переходит в тепловую. Участок мишени анода, на котором фокусируется рентгеновское излучение, называется действительным фокусным пятном трубки. Проекция его в направлении выхода лучей—эффективным фокусным пятном.

Интенсивность излучения рентгеновской трубки можно регулировать анодным током и напряжением. При изменении тока (т.е. нагрева катода) меняется только интенсивность, а при изменении напряжения меняется и энергия излучения. Минимальная длина волны образующегося рентгеновского излучения соответствует максимальной энергии кванта. Энергия кванта тем больше, чем выше скорость электронов.

Поскольку электроны, испускаемые катодом, имеют непрерывное распределение скоростей, энергетический спектр тормозного излучения имеет непрерывный характер, т.е. в нем присутствуют кванты со всевозможными значениями энергий—от нуля до некоторого максимального значения, отвечающего максимальной кинетической энергии тормозящихся электронов. Если энергия электрона настолько велика, что он выбивает электроны с внутренних оболочек атомов вещества мишени, на фоне непрерывного спектра тормозного излучения возникает линейчатый спектр характеристического излучения (рис. 2.60). Подбирая материалы мишени, можно получать различные спектры.

Существуют различные модификации конструкции рентгеновской трубки. Двухэлектродные трубки (с $U \leq 200\text{--}300$ кВ) имеют электрическую фокусировку электронов, при которой размер фокусного пятна не изменяется во всем диапазоне регулировки анодного тока и напряжения. Трубки с вынесенным анодом, используемые для панорамного просвечивания, имеют дополнительную магнитную фокусировку. При напряжениях от 300 кВ до 2 МВ применяют секционированные (каскадные) трубки, которые имеют дополнительные промежуточные кольцевые электроды, обеспечивающие выравнивание электрического поля по длине трубки.

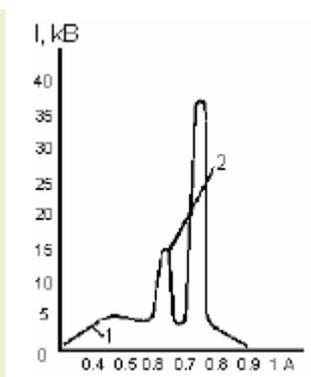


Рис. 2.60. Сплошной (1) и линейчатый (2) спектры рентгеновского излучения для мишени из молибдена при $U = 35$ кВ

Рентгеновский аппарат состоит из электронной рентгеновской трубки, помещенной в защитный кожух, катодного и анодного генераторных устройств, штатива, масляного насоса, пульта управления.

Бетатрон–индукционный ускоритель электронов–состоит из электромагнита, рентгеновской бетатронной камеры, блока питания и пульта управления. От остальных применяемых в дефектоскопии ускорителей он отличается портативностью.

В один из патрубков бетатронной камеры вставлен инжектор (электронная пушка). Система инжекции смонтирована в отдельном блоке или под облицовочным кожухом электромагнита. Электромагнит предназначен для индуцирования в вакуумной камере бетатрона электрического поля, необходимого для ускорения и управления движением электронов. Стеклопанельная кольцевая камера расположена между полюсами

электромагнита и является источником тормозного излучения. Блок питания подает на катушки переменный ток. Возникающий синусоидально-изменяющийся магнитный поток индуцирует в камере вихревое электрическое поле. Под действием этого поля электроны, введенные в камеру инжектором, движутся с ускорением по окружности. Фокусировка пучка электронов происходит в процессе их ускорения, в результате чего фокусное пятно бетатрона имеет маленькие размеры (0,1–0,01 мм). Из него выходит интенсивный и очень узкий пучок с углом раствора 5–6°, благодаря чему обеспечивается высокая резкость снимков, что дает высокую чувствительность методам просвечивания.

В линейных ускорителях частицы однократно проходят электрическое поле с большой разницей потенциалов, т.е. ускоряются по прямому методу. Электроны, генерируемые пушкой импульсно с энергией 30–100 кэВ, ускоряются электрическим полем бегущей электромагнитной волны, создаваемой высокочастотным генератором в цилиндрическом волноводе (на каждые 30 см пути в волноводе электронам сообщается энергия примерно 1 МэВ). Электрическое поле бегущей волны направлено по оси цилиндра. Ускоренные электроны попадают на мишень, в которой возникает тормозное излучение большой интенсивности. Линейный ускоритель с секционированной ускоряющей трубкой состоит из большого числа промежуточных электродов. На каждый электрод подается увеличивающееся вдвое постоянное напряжение. Наибольшее напряжение достигает 1–2 МэВ и более при токе 0,2 мА. Диаметр фокусного пятна ~1 мм. Используется для контроля деталей толщиной 125–250 мм. Линейный ускоритель со стоячей волной состоит из инжектора электронов, источника переменного напряжения и металлического резонатора, внутри которого расположены пролетные металлические трубки. Электроны из инжектора попадают в полость резонатора и проходят вдоль пролетных трубок. Под действием электрического поля в промежутках между трубками электроны ускоряются

и в конце пути тормозятся на мишени, где и генерируется тормозное излучение.

Микротрон–циклический резонансный ускоритель электронов с постоянным по времени и однородным магнитным полем. Электроны, запущенные в вакуумную камеру, движутся по окружностям разного радиуса, имеющим общую точку касания в месте расположения резонатора, сверхвысокочастотное поле которого ускоряет электроны. Резонанс ускорения создается в результате кратного увеличения периода высокочастотного напряжения при каждом пересечении электронами ускоряющего зазора резонатора. Резонатор возбуждается через волновод посредством мощной импульсной электронной пушки. Вакуумная камера находится под непрерывной откачкой с помощью насоса. Ускоренные электроны на последней орбите либо попадают на мишень, в которой возникает рентгеновское излучение, либо с помощью специального устройства выводятся из камеры. Электронный пучок микротрона в отличие других типов ускорителей обладает высокой моноэнергетичностью. Микротрон позволяет ускорить электроны до энергии в несколько сотен МэВ. Эффективное фокусное пятно микротрона невелико (порядка 2–3 мм). Радиоизотопный источник γ - и β -излучения представляет собой закрытую ампулу (заваренную или завальцованную) из коррозионно-стойкой стали или сплавов алюминия и для герметичности сверху покрытую эпоксидным клеем. Внутри ампулы помещаются искусственные радионуклиды, получаемые в ядерных реакторах при облучении веществ в нейтронных потоках или при обработке продуктов распада, образующихся в реакторах.

К радиационно-физическим характеристикам радиоактивных источников излучения относятся период полураспада, спектр излучения, удельная активность, мощность экспозиционной дозы на расстоянии 1 м от источника и геометрические размеры излучателя. Внутренние размеры ампулы определяют размеры активной части источника. Проекция активной

части ампулы в направлении просвечивания образует фокусное пятно источника.

Для гамма-дефектоскопии применяют изотопы с высокой удельной активностью, такие как кобальт, цезий, селен, иридий, тулий, европий и другие. Энергетические спектры излучения применяемых источников состоят из отдельных групп γ -квантов и тормозного спектра, возникающего при торможении β -частиц. В спектрах большинства радионуклидов, используемых при дефектоскопии, интенсивность тормозного излучения пренебрежимо мала. Интенсивность отдельных линий дискретного спектра и соотношение между ними определяются числом выхода γ -квантов различных энергий на акт распада (в процентах).

В радиационной дефектоскопии применяют радионуклиды с периодом полураспада от нескольких дней до десятков лет. Гамма-дефектоскоп состоит из следующих основных блоков: радиационная головка с источником излучения; устройство для безопасной зарядки прибора ампулами, пульт управления дистанционным перемещением ампул, выпуском и перекрытием гамма-излучения; штатив для крепления радиационной головки относительно объекта контроля.

Конструктивно все дефектоскопы радиационного контроля делятся на универсальные шланговые дефектоскопы и дефектоскопы затворного типа. Наибольшее распространение в радиационной дефектоскопии получил радиографический контроль с использованием в качестве детектора излучения радиографической пленки. В качестве источников излучения при этом контроле используются все три типа источников излучения.

Разновидностью радиографического контроля является флюорографический метод, при котором распределение интенсивности ионизирующего излучения преобразуется в видимый свет на сцинтилляторном экране и затем регистрируется с помощью оптической системы на флюорографической пленке. Наибольшее распространение в качестве детектора при радиографическом методе контроля получили

радиографические пленки. Радиографические пленки подразделяют на две группы: безэкранные для использования без флуоресцентных экранов или с металлическими усиливающими экранами, и экранные пленки, применяемые совместно с флуоресцентными экранами.

Основными характеристиками пленок являются спектральная чувствительность, контрастность и разрешающая способность. Радиографические пленки можно использовать в комбинации с экранами (металлическими или флуоресцентными). Экранные радиографические пленки предназначены для регистрации излучения оптического диапазона, возникающего при воздействии ионизирующего излучения на флуоресцентные экраны. Они сенсibilизированы в оптическом диапазоне излучения, их спектральная чувствительность согласована со спектром излучения флуоресцентных экранов. По сравнению с безэкранными пленками экранные имеют большую чувствительность и меньший коэффициент контрастности. Собственная нерезкость экранных пленок при использовании тормозного излучения с максимальной энергией в спектре 150 — 250 кэВ составляет 0,6 мм.

Усиливающие металлические экраны применяют для сокращения времени просвечивания. Усиливающее действие металлических экранов основано на выбивании из них вторичных электронов под действием ионизирующего излучения. Выбитые электроны действуют на эмульсию пленки и вызывают дополнительную фотохимическую реакцию, усиливающую действие первичного излучения. Металлические экраны выполняют из тяжелых элементов—свинца, меди, реже—из вольфрама и титана. Экраны устанавливают позади и впереди радиографической пленки. Применение экранов приводит к сокращению экспозиции. Задний экран защищает пленку от рассеянного излучения.

Флуоресцентные экраны изготовляют на основе люминофоров. Усиливающее действие флуоресцентных экранов связано с дополнительным воздействием на пленку свечения, возникающего в люминофоре под

действием ионизирующего излучения. В качестве люминофоров используют смесь мелких кристаллов сульфида цинка и сульфида кадмия, активированных серебром. Люминофор со связующим наносят на бумагу или картон. Радиографическую пленку располагают между двумя флуоресцентными экранами, в случае использования односторонних радиографических пленок—один экран, расположенный с той стороны пленки, на которую нанесена эмульсия. При высоких энергиях излучения перед передним экраном или вместо него устанавливают металлический экран.

Основными характеристиками усиливающих флуоресцентных экранов являются коэффициент усиления и величина собственной нерезкости.

Коэффициент усиления—отношение времени экспозиции при использовании флуоресцирующих экранов, необходимого для получения снимка с заданной оптической плотностью, к времени экспозиции на той же пленке без усиливающих экранов. Величина коэффициента усиления зависит от энергии излучения. Собственная нерезкость флуоресцентных экранов связана с рассеянием света в экранах и зависит от плотности упаковки зерен флуоресцентного вещества в экране.

Величина собственной нерезкости флуоресцентных экранов значительно превышает величину собственной нерезкости радиографической пленки и составляет от 0,4 до 0,6 мм.

Разновидностью радиографического контроля является ксерорадиография. Ксерорадиография—способ получения изображения на поверхности тонкого слоя полупроводящего материала, электропроводность которого зависит от интенсивности ионизирующего излучения. Ксерорадиографическая пластина—тонкий слой селена высокой чистоты (99,992 %), напыленный в вакууме на полированную проводящую подложку. В качестве материала подложки чаще всего используется алюминий, возможно использование латуни, стекла или бумаги

с проводящими слоями. Толщина слоя селена составляет 100 коррозионно-стойкой стали 400 мкм.

Ксерографическая установка позволяет эффективно контролировать изделия из стали толщиной 25–30 мм. Это перспективный вид контроля, разрешающая способность теоретически составляет 50 линий/мм. В настоящее время качество выпускаемых пластин позволяет получить разрешающую способность около 10 линий/мм и более (у рентгенографических пленок разрешающая способность пока выше). При низких энергиях излучения чувствительность ксерографических пластин превышает чувствительность радиографических пленок, поэтому их применение перспективно при контроле тонких стальных изделий и изделий из легких сплавов.

Радиоскопический метод основан на представлении окончательной информации об ионизированном излучении на флуоресцентном экране с помощью электронно-оптических преобразователей, оптических усилителей и телевизионных систем. В качестве источника ионизирующего излучения используют рентгеновские аппараты, а также мощные источники излучения высокой энергии—линейные ускорители микротронов. При радиоскопическом контроле в качестве детекторов используются флуоресцентные или монокристаллические экраны. Изображение с этих экранов через оптическую систему передают на приемную трубку телевизионной системы и наблюдают с нужным усилением.

В качестве детекторов излучения могут быть также использованы рентген-видиконы, которые одновременно являются и детектором излучения, и передающей телевизионной трубкой. Изображение, усиленное телевизионной системой, наблюдают на экране видеоконтрольного устройства. Источниками излучения в таких случаях служат рентгеновские аппараты. Обязательным элементом любой схемы является входной экран—преобразователь теневого радиационного изображения в изображение, представленное другой формой энергии.

В качестве преобразователей при радиоскопическом методе контроля используют: рентгенооптические преобразователи, преобразующие радиационное изображение в видимое; фоторезистивные преобразователи, переводящие радиационное изображение в рельеф проводимости на полупроводниковом экране; рентгеноэлектронные преобразователи, преобразующие радиационное изображение в поток электронов.

Радиометрические методы позволяют определить протяженность дефекта и его лучевой размер. Объемные дефекты определяются с точностью до 3–5 %. Преимущества радиометрии – высокая чувствительность (0,3–3 %), возможность бесконтактного контроля, высокая (по сравнению с радиографией) производительность. К недостаткам следует отнести необходимость одновременного перемещения на одинаковом расстоянии источника ионизирующего излучения и дефекта; невозможность определения формы и глубины расположения дефекта, устранения влияния рассеянного излучения. В промышленности используется для контроля стальных изделий от 20 до 1000 мм. Средства рентгеновского контроля представлены на рисунках Г.1 и Г.2 приложения Г.

При проведении радиационной дефектоскопии должны быть приняты меры по защите от ионизирующего излучения. Установлены предельно допустимые дозы и пределы излучений. Установлены 3 категории облучаемых лиц:

А – персонал (профессиональные работники, непосредственно работающие с источниками ионизирующего излучения);

Б – отдельные лица из населения;

В – население в целом.

Для персонала установлены предельно-допустимые дозы (ПДД), а для отдельных лиц из населения – пределы доз. ПДД установлены для четырех групп критических органов или тканей тела. Так, для всего организма ПДД облучения лиц категории А равна 0,05 Зв/год, В – 0,005 Зв/год. Для проведения РК могут привлекаться лица, достигшие 18-летнего возраста,

прошедшие предварительно медицинское освидетельствование, изучившие инструкции и методики просвечивания и правила технической эксплуатации установок. Все лица, проводящие радиационный контроль, должны проходить медицинский осмотр не реже 1 раза в год. В любом случае доза, накопленная в возрасте до 30 лет, не должна превышать 0,6 Зв. Наибольшая доза за квартал для мужчин—не более 0,03 Зв, для женщин—не более 0,013 Зв. Дозу облучения измеряют с помощью индивидуальных дозиметров, которые следует носить в нагрудном кармане. Снижение уровня радиации достигается направлением излучения в сторону земли, уменьшением времени облучения, увеличением расстояния от источника до работающего. Наиболее распространенный способ защиты от ионизирующего излучения—экранирование—ослабление излучения слоем тяжелого материала. Стены помещений, перекрытия полов защищают тяжелыми металлами, такими как свинец, свинцовое стекло, вольфрам, барит, используется также бетон, кирпич. Защита должна обеспечивать снижение дозы на рабочих местах до $2,8 \cdot 10^{-5}$ Зв/ч; в смежных помещениях доза облучения не должна превышать $2,8 \cdot 10^{-6}$ Зв/ч. В зависимости от времени работы источника ионизирующего излучения в течение недели, силы тока в рентгеновской трубке, напряжения на трубке, расстояния от источника до защитного ограждения толщина стенки из свинца может составлять от 0,5 мм до 25 мм и, соответственно, до 620 мм из бетона ($\rho = 2,35 \text{ кг/м}^3$). Радиоволновые методы основаны на регистрации параметров электромагнитных волн радиодиапазона, взаимодействующих с КО. Обычно используются волны сверхвысокочастотного (СВЧ) диапазона длиной 1–100 мм для контроля изделий из материалов, где радиоволны затухают не очень сильно: диэлектрики (пластмасса, керамика, стекловолокно), магнитодиэлектрики (ферриты), полупроводники, тонкостенные металлические объекты.

Так же, как оптические и акустические, различают методы прошедшего, отраженного, рассеянного излучения и резонансный метод.

3 ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

3.1 Отдел технического контроля (ОТК) и его взаимоотношения с внутренними и внешними службами

3.1.1 Типовая структура и функции ОТК

ОТК является самостоятельным структурным подразделением службы управления качеством и организуется для обеспечения контроля качества выпускаемой продукции. ОТК подчиняется непосредственно главному контролеру. ОТК возглавляется начальником, осуществляющим непосредственное руководство всей деятельностью отдела. Начальник ОТК назначается и освобождается от должности приказом директора предприятия по представлению главного контролера в установленном законодательством порядке. На должность начальника ОТК назначается лицо, имеющее высшее техническое образование и стаж работы по специальности на инженерно-технических и руководящих должностях не менее 5 лет. ОТК в своей деятельности руководствуется действующим законодательством и нормативными документами, уставом предприятия, организационно-распорядительными документами (постановлениями, распоряжениями, приказами, решениями, указаниями и др.) вышестоящей организации, других органов управления и руководства предприятия; документами системы менеджмента качества предприятия; правилами, нормами охраны труда, техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности; положением ОТК. Возложение на работников отдела обязанностей по выполнению производственных операций, не связанных с осуществлением технического контроля, не допускается. Работникам ОТК запрещается производить разбраковку дефектных изделий.

Вся продукция, выпускаемая предприятием, должна быть принята ОТК. Допускается производить выпуск продукции по доверенности ОТК с личным клеймом на основе инспекционного контроля ОТК и Заказчика.

Осуществляемый контроль качества и комплектности готовой продукции не освобождает начальников производственных подразделений опытного производства предприятия от ответственности за изготовление и выпуск несоответствующей и некомплектной продукции. Основными задачами ОТК являются:

- предотвращение выпуска продукции, не соответствующей требованиям стандартов и технических условий, проектно-конструкторской, технологической и другой нормативно-технической документации, утвержденным образцам (эталонам), условиям поставки, контрактов, договоров или некомплектной продукции;
- выполнение при проведении работ соответствующих требований действующих на предприятии документов системы менеджмента качества;
- соблюдение правил внутреннего трудового распорядка, требований инструкций по технике безопасности, производственной санитарии и пожарной безопасности.

Типовая структура ОТК графически представлена на рис. 3.1.



Рис. 3.1. Типовая структура ОТК

В состав ОТК входят отдельные специалисты, осуществляющие технический контроль продукции. В случае производственной необходимости в ОТК могут быть созданы структурные подразделения

по направлениям работ. Отдел технического контроля выполняет следующие основные функции:

- осуществление контроля за соответствием качества и комплектности выпускаемой продукции требованиям контрактов, договоров, действующим нормативным документам и за оформлением документов на принятую продукцию, а также контроль за изъятием из производства забракованной продукции и сроками действия;

- участие в обеспечении развития и совершенствования системы технического контроля, как одного из важнейших элементов управления качеством продукции на предприятии, в разработке программ повышения качества продукции, а также, регламентирующих систему технического контроля;

- проведение (совместно с цехами, отделами, лабораториями, с представителем разработчика) учета и анализа конструкторских, технологических, производственных и эксплуатационных дефектов, выявленных при изготовлении и испытаниях, эксплуатации узлов, агрегатов и изделий, осуществление контроля за устранением этих дефектов, а также контроля за внесением соответствующих изменений в нормативные документы;

- осуществление входного контроля поступивших на предприятие сырья, материалов, полуфабрикатов, комплектующих изделий, инструмента, контроль за соответствием их установленным требованиям при передаче их на склад, производство и испытания;

- осуществление операционного контроля, приемочного контроля качества и комплектности готовой продукции;

- оформление документов, удостоверяющих соответствие принятой готовой продукции установленным требованиям, а также документов по предъявлению претензий (рекламаций) поставщикам сырья, материалов, полуфабрикатов, комплектующих изделий забракованных при

осуществлении входного контроля, а также в процессе производства и испытаний;

- совместно с работниками других подразделений предприятия готовой продукции представителю Заказчика, а при его отсутствии и с его письменного разрешения проведение приемо-сдаточных испытаний;

- осуществление контроля маркировки продукции, качества тары, консервации и упаковки продукции на соответствие технической документации;

- проведение проверки качества изготовления и комплектности эксплуатационной и другой документации, сопровождающей продукцию;

- проведение инспекционного контроля за осуществлением производственными подразделениями и соответствующими службами предприятия контроля состояния оснастки и средств измерений, находящихся в эксплуатации, а также за своевременностью их поверки;

- участие в согласовании технологической документации на детали, сборочные единицы и изделия в части их контроля, а также технических условий на вновь разрабатываемое оборудование;

- осуществление контроля за ведением в цехах учета и анализа брака в производстве по причинам его возникновения и виновникам, участие в разработке производственными подразделениями предприятия мероприятий по ликвидации брака, а также контроль за выполнением этих мероприятий;

- рассмотрение претензий (рекламаций) на изделия поступившие от потребителей и принятие необходимых мер;

- организация работы по профилактике брака и осуществление контроля за соблюдением работниками производственных участков требований технологических процессов;

- ведение установленной отчетности по качеству продукции;

- выполнение требований документов системы менеджмента качества, действующих на предприятии.

ОТК имеет следующие права.

- Приостанавливать изготовление продукции, выпускаемой с нарушением технологического процесса, создающим возможность выпуска несоответствующей продукции.

- Прекращать приемку продукции, приостанавливать отправку готовой продукции потребителям, если она не соответствует требованиям НТД. Обо всех случаях прекращения приемки и отгрузки готовой продукции начальник ОТК уведомляет главного контролера, руководителя предприятия.

- Возобновлять приемку продукции и давать разрешение на отгрузку готовой продукции после устранения выявленных дефектов и устранения причин, вызвавших возникновение дефектов, а также устранения дефектов в ранее изготовленной продукции.

- Требовать проведения всех необходимых анализов и испытаний по определению качества продукции в имеющихся лабораториях предприятия, а в отдельных случаях проведения таких испытаний на других предприятиях.

- Требовать от начальников производственных подразделений равномерного предъявления на контроль продукции в соответствии с планом производства.

- Требовать на согласование от отделов разработчиков своевременного представления программ и методик проведения испытаний и их своевременную корректировку по результатам согласования.

- Готовить предложения о переводе отдельных работников на самоконтроль, а также вносить в необходимых случаях предложения о лишении права работы по доверенности ОТК работников.

- Браковать на любом участке производства материалы, полуфабрикаты, заготовки, детали, комплектующие изделия и готовую продукцию, не соответствующую требованиям нормативной технической документации.

- Требовать от начальников производственных подразделений

предоставления помещений на территории подразделения для работы контрольного аппарата и для изоляторов брака, а также предоставления работникам ОТК технической документации, инструмента и приборов, необходимых для проведения контроля.

- Запрещать с одновременным письменным уведомлением руководителя предприятия:

- использование в производстве сырья, материалов, полуфабрикатов, комплектующих изделий и инструмента, не соответствующих установленным требованиям и не обеспечивающих выпуска качественной продукции, а также не имеющих сопроводительной документации;

- изготовление новой продукции, если технологическая документация на эту продукцию не обеспечивает соблюдения установленных требований или если отсутствуют необходимые условия для объективной оценки качества такой продукции;

- реализацию продукции, не принятой ОТК;

- использование контрольно-измерительных средств, не прошедших в установленном порядке поверки или являющихся неисправными.

- Требовать от начальников подразделений предприятия принятия мер в отношении лиц, допустивших нарушение технологических процессов в соответствии с действующим законодательством.

- Осуществлять инспекционные проверки качества продукции и состояния производства на любом участке предприятия.

- Требовать от главного технолога, чтобы операции контроля были предусмотрены технологической документацией и оснащались необходимыми средствами, обеспечивающими достоверность и высокую производительность контроля; в случае необходимости требовать доработки технологической документации и методов контроля.

- Требовать от соответствующих служб предприятия

своевременного выполнения графиков проверки и ремонта оборудования, оснастки и контрольно-измерительной аппаратуры.

- Требовать от руководителей подразделений предприятия проведения мероприятий по устранению дефектов выпускаемой продукции, нарушений технологии, а также проведения работ по повышению качества и надежности изделий.

- Представлять руководству предприятия предложения о привлечении к ответственности работников, допустивших нарушение в выпуске продукции с отклонением от требований технической документации и технических условий, нарушение технологии производства и применение в производстве, непроверенных отделом технического контроля, некачественных материалов, сырья и полуфабрикатов.

- Обращаться по вопросам качества продукции и улучшения организации технического контроля непосредственно в Министерство промышленности, а так же в иные государственные организации.

- Требовать создания нормальных условий труда.

- Вносить предложения по совершенствованию системы менеджмента качества предприятия.

Права отдела технического контроля осуществляют его начальник и другие работники ОТК по установленным должностными инструкциями обязанностям.

Начальник ОТК имеет право:

- знакомиться с проектами решений руководства предприятия по вопросам, относящимся к компетенции ОТК;

- подготавливать по поручению руководства проекты приказов, относящиеся к компетенции ОТК, а также издавать распоряжения по отделу;

- подавать в установленном порядке предложения по численному составу ОТК и изменению его структуры;

- распределять и перераспределять обязанности между работниками;

- разрабатывать и утверждать в установленном порядке должностные инструкции работников ОТК и другую документацию;
- представлять вышестоящему руководству в установленном порядке предложения о (об):
 - переводах работников на другую работу и увольнение их с работы в соответствии с трудовым законодательством;
 - поощрении работников ОТК за успехи в работе;
 - установлении работникам должностных окладов в соответствии со штатным расписанием;
 - повышении и снижении премий работникам ОТК;
 - наложении дисциплинарных взысканий в соответствии с правилами внутреннего распорядка;
- подписывать и визировать документы в пределах своей компетенции;
- вести самостоятельную переписку в установленном порядке с другими организациями по специальным вопросам, не требующим согласования с непосредственным руководителем;
- требовать от работников отдела выполнения должностных обязанностей в соответствии с должностными инструкциями; письменных объяснений в случаях нарушений трудовой дисциплины;
- требовать от руководства оказания содействия в исполнении своих обязанностей и прав.

Начальник ОТК несет полную ответственность:

- за невыполнение или ненадлежащее выполнение возложенных на ОТК задач и функций;
- за неправильное и неполное использование предоставленных ОТК прав;
- за выпуск продукции с отступлением от действующей документации и установленной комплектности;

- за организацию, состояние и совершенствование системы технического контроля на предприятии;
- за неправильное и несвоевременное оформление документов, удостоверяющих соответствие выпускаемой продукции предприятием установленным требованиям;
- за использование на контрольных операциях неисправных, неверных и не прошедших в установленном порядке проверки контрольно-измерительных средств;
- за необоснованную приостановку работ и неправильную оценку качества продукции;
- за несоблюдение лично и неосуществление контроля за соблюдением руководителями подчиненных структурных подразделений законодательства по борьбе с коррупцией;
- за допущение подчиненными работниками злоупотреблений служебными полномочиями;
- за причинение материального ущерба – в пределах, определенных действующим трудовым и гражданским законодательством;
- за несоблюдение правил внутреннего трудового распорядка;
- за несоблюдение правил и норм охраны труда, техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности.

Работники отдела технического контроля несут ответственность за выполнение возложенных на ОТК задач и функций, определенных настоящим положением, и соответствующими должностными инструкциями.

3.1.2 Взаимодействие отдела технического контроля с другими подразделениями предприятия

ОТК осуществляет взаимодействие с подразделениями предприятия посредством двустороннего обмена информацией.

1. С главной бухгалтерией.

Получает: сведения о результатах учета потерь от брака в цехах по брак-извещениям и об отнесении сумм на виновных.

Представляет: акты о браке и заключения о виновных в образовании брака; заключения на принятие рекламации и расчет потерь в связи с ликвидацией обнаруженных недостатков.

2. С центральной заводской лабораторией и ее подразделениями.

Получает: методические указания в отношении вида, массы проб и образцов, необходимых для проведения механических испытаний, химического анализа или других исследований; акты с результатами проведенных испытаний и исследований проб сырья и материалов, с заключениями о соответствии их НД, и др.

Представляет: задание на проведение химических анализов, различных исследований или механических испытаний материалов.

3. С отделами главного технолога, главного конструктора.

Получает: всю необходимую для контроля техническую документацию, инструкции по испытанию отдельных узлов, изделий, своевременно уведомляется о проведенных изменениях; схемы и испытательные установки в соответствии с требованиями ТНПА и производственных инструкций; заключения по рекламациям, необходимые решения по деталям, узлам, агрегатам и изделиям, имеющим те или иные отступления от чертежей и технических условий, а также расчеты, необходимые для определения качества продукции; технологические процессы на согласование контрольных операций.

Представляет: сведения об обнаруженных недостатках технологии; извещение о нарушениях технологических процессов, влияющих на качество продукции; рекомендации и предложения по улучшению технологии и повышению качества продукции; сведения по качеству изделий, поставляемых предприятием; рекламационные акты, поступившие от заказчиков на заключение, а также протоколы и заключения о результатах испытаний агрегатов, изделий, систем, узлов и деталей.

4. С отделом главного технолога.

Получает: заключения о соответствии материалов НД, а также о пригодности их для применения в производстве.

Представляет: материалы на анализ их соответствия действующим нормативным документам.

5. С отделом стандартизации.

Получает: стандарты, нормали, инструкции, технические условия и другую техническую документацию, касающуюся приемки выпускаемой продукции; извещения о всех изменениях в стандартах, нормалях, инструкциях, технических условиях и другой технической документации.

Представляет: замечания и предложения по вопросам документации по нормализации и стандартизации; извещение о всех нарушениях и отклонениях от стандартов.

6. С отделом главного механика.

Получает: необходимые средства контроля, обеспечивающие надежную проверку качества произведенного ремонта оборудования; график проверки оборудования на технологическую точность.

Представляет: замечания и предложения по улучшению качества ремонта оборудования.

7. С отделом главного энергетика.

Получает: комплектующие изделия и материалы, необходимые для ремонтно-эксплуатационных нужд оборудования и стендов, а также помощь в ремонте энергетического оборудования, находящегося в эксплуатации испытательных станций.

Представляет: заявки на ремонт электрооборудования, на получение комплектующих изделий и материалов, необходимых для ремонтно-эксплуатационных нужд оборудования и стендов, на ремонт энергетического оборудования, находящегося в эксплуатации испытательных станций.

8. С отделом сбыта.

Получает: заполненные упаковочные листы или ярлыки по установленному образцу.

Представляет: разрешение на окончательное закрытие ящиков, контейнеров или вагонов.

9. С отделом материально-технического снабжения.

Получает: сопроводительные документы поставщика (сертификаты, акты испытаний и паспорта) на поступающие на предприятия материалы и комплектующие изделия; выписки из договоров с поставщиками, извещения об изменениях в договорах, а также другие документы, необходимые для справок или составления рекламационных актов.

Представляет: на основании заключений лаборатории, удостоверяющих качество поступающей продукции, разрешение на применение в производстве поступивших материалов и комплектующих изделий; сигналы о запрещении выдачи со складов материалов, имеющих отклонения от технических условий; акты на материалы, забракованные при приемке.

10. С инструментальным отделом.

Получает: инструмент для всякого рода измерений как покупного, так и собственного изготовления.

11. С цехами основного и вспомогательного производств.

Получает: удобные для работы помещения на территории цеха для бюро технического контроля, контрольных пунктов и изоляторов брака, обеспечивает их оборудованием; необходимый инструмент для контроля, вспомогательные материалы и подсобную рабочую силу; вместе с предъявляемой партией изделий сопроводительную документацию (чертежи, схемы, нормали и технологию изготовления на данные изделия).

Представляет: заключение о соответствии изделий требованиям технической документации (ТНПА, чертежам, нормам, технологии изготовления и т.д.); оформленные акты о браке на изготовленные изделия с указанием виновных лиц, допустивших брак; наряды и акты на принятую

продукцию; предупреждение о браке при нарушении технологии изготовления изделий и несоответствии их требованиям документации.

3.2 Органы государственного надзора. Порядок проведения надзора, оформление результатов

Как правило, в государстве имеется соответствующая законодательная база, регулирующая отношения, возникающие в процессе государственного надзора и контроля.

Государственный надзор осуществляется в целях обеспечения соответствия продукции, процессов ее разработки, производства, эксплуатации (использования), хранения, перевозки, реализации и утилизации или оказания услуг техническим требованиям, гарантирующим их безопасность для жизни, здоровья и наследственности человека, имущества и окружающей среды, а также в целях обеспечения технической и информационной совместимости, взаимозаменяемости продукции, защиты прав потребителей и интересов государства.

Основные задачи государственного надзора:

- предотвращение и пресечение нарушений требований, установленных в технических нормативных правовых актах, включая технические регламенты, взаимосвязанные с ними государственные стандарты и иные технические нормативные правовые акты в области технического нормирования и стандартизации, а также показателей, задекларированных изготовителем (продавцом) продукции в договорах на поставку (продажу) продукции, в ее маркировке или сопроводительной документации;
- предотвращение и пресечение нарушений требований законодательства об оценке соответствия при реализации продукции, оказании услуг, деятельности персонала и функционировании иных объектов оценки соответствия, подлежащих обязательному подтверждению соответствия.

В соответствии с основными задачами органы государственного надзора за соблюдением требований основополагающих нормативных документов:

- контролируют выполнение юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями требований технических регламентов, взаимосвязанных с ними государственных стандартов и иных технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации, а также показателей, задекларированных изготовителем (продавцом) продукции в договорах на поставку (продажу) продукции, в ее маркировке или сопроводительной документации;

- проверяют наличие у юридических лиц и индивидуальных предпринимателей документов об оценке соответствия на продукцию (работы, услуги), подлежащую обязательному подтверждению соответствия, а также подлинность указанных документов (сертификатов, деклараций соответствия), правомерность использования знаков соответствия;

- принимают установленные законодательством меры по пресечению юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями нарушений требований технических регламентов, взаимосвязанных с ними государственных стандартов и иных технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации, а также показателей, задекларированных изготовителем (продавцом) продукции в договорах на поставку (продажу) продукции, в ее маркировке или сопроводительной документации, а также по пресечению нарушений обязательного подтверждения соответствия.

Объекты государственного надзора:

- продукция (работы, услуги), в том числе подлежащая обязательному подтверждению соответствия;

- процессы разработки, производства, эксплуатации (использования), хранения, перевозки, реализации, утилизации продукции, оказание услуг;

- техническая (конструкторская, технологическая, проектная и другая) документация на продукцию (работы, услуги).

Государственный надзор осуществляется на стадиях разработки и постановки продукции на производство, ее изготовления, испытаний, реализации, использования (эксплуатации), хранения, транспортирования и утилизации, а также при выполнении работ и оказании услуг и проводится у юридических лиц и индивидуальных предпринимателей независимо от форм собственности.

Государственный надзор осуществляется соответствующими государственными органами, а непосредственно – уполномоченными должностными лицами органов государственного надзора – государственными инспекторами. Государственные инспекторы несут установленную законодательством ответственность за невыполнение или ненадлежащее выполнение возложенных на них обязанностей. По результатам проведенных органами государственного надзора надзорных и контрольных мероприятий составляется акт проверки.

Акт проверки государственного надзора за соблюдением требований технических регламентов составляется по форме, установленной Государственным комитетом по стандартизации, и является основанием для принятия решения о применении к юридическим лицам и индивидуальным предпринимателям предусмотренных нормативными правовыми актами мер ответственности за правонарушения в области технического нормирования, стандартизации и обязательного подтверждения соответствия, а также мер запретительного характера. Акт проверки, протоколы испытаний (анализов, измерений) являются основанием для определения стоимости расходов, относимых на издержки производства (обращения) проверяемого юридического лица или индивидуального предпринимателя.

Согласно законодательству в государстве может осуществляться ведомственный контроль за сохранностью, целевым и эффективным использованием государственного имущества,

своевременного выявления, пресечения и предотвращения экономических правонарушений, выявления неиспользуемых резервов повышения эффективности экономической деятельности организаций. Основными функциями ведомственных контрольно-ревизионных служб являются:

- организация и проведение ревизий финансово-хозяйственной деятельности подчиненных организаций, в т.ч. по постановлениям (определениям, письменным обращениям) органов уголовного преследования и судов;
- проведение проверок смет расходов на содержание республиканского органа и иных проверок финансово-хозяйственной деятельности подчиненных организаций;
- выявление неиспользуемых резервов повышения эффективности экономической деятельности подчиненных организаций;
- оказание методической и практической помощи в целях повышения эффективности деятельности подчиненных организаций;
- взаимодействие с другими контролирующими органами по вопросам организации и проведения ревизий (проверок);
- координация деятельности структурных подразделений республиканских органов и подчиненных организаций при осуществлении ведомственного контроля;
- принятие мер по устранению выявленных в ходе проведения ревизий (проверок) нарушений и недостатков;
- обеспечение учета проведенных ревизий (проверок), их результатов и принятых по ним мер;
- разработка предложений по выявлению, предотвращению и пресечению экономических правонарушений, а также по внесению изменений в законодательство, регулирующие экономические отношения;
- принятие мер по совершенствованию форм и методов осуществления ведомственного контроля в соответствующих республиканских органах.

3.3 Обеспечение доверия к результатам контроля

Оценка качества – совокупность операций по выбору номенклатуры показателей, определению их действительного значения и сопоставлению с базовыми показателями. Разновидностью оценки качества является оценка соответствия установленных нормативным документом требований.

Деятельность по оценке качества складывается из трех рассматриваемых ниже групп операций, каждой из которых свойственны свои особенности.

1. Выбор номенклатуры потребительских свойств и их определяющих показателей.

Основными критериями выбора являются этап жизненного цикла продукции (приемка сырья, производство, хранение, распределение и реализация); потребности, которые должен удовлетворять товар, субъективные особенности оценщика.

Так, на этапе приемки сырья, предназначенного для изготовления продукции с сильно измененными свойствами, в том числе внешним видом, существенное значение имеют показатели технологических свойств и безопасности, но неважны эстетические свойства. В то же время при реализации в номенклатуру показателей качества необходимо включать показатели всех потребительских свойств, но особенно важны для потребителя показатели назначения, надежности, безопасности, эргономических и эстетических свойств.

При выборе номенклатуры потребительских свойств и показателей чрезвычайно важно правильно выделить из всего многообразия такие показатели, которые имеют решающее значение для определенных целей. Например, при оценке качества муки на хлебозаводе необходимо определить следующие показатели: количество и качество сырой клейковины, амилотическую активность, газообразующую способность; а при реализации муки – цвет, зольность, степень измельчения. В обоих случаях

необходимо оценивать показатели безопасности в соответствии с установленными требованиями. Если мука предназначена для выпечки хлебобулочных изделий, требования к ней отличаются от требований к другим типам муки (макаронной, блинной и т.п.).

2. Определение действительных значений показателей качества.

Проводится путем количественных и качественных измерений. Количественные измерения применяются для определения размера показателя, а качественные – для размерности. Так, показатель «цвет» может быть измерен количественно (например, цвет пива в мл 0,01 N раствора йода) и качественно (визуально отмечаются цвет пива, его насыщенность).

3. Сопоставление действительных значений измеряемого показателя с базовым.

В качестве базовых показателей могут быть приняты регламентированные значения стандартов или других нормативных документов (оценка соответствия), а также стандартные образцы, вещества, эталоны. Цвет пива по стандарту устанавливается как светло- или темно-коричневый и сравнивается с цветом раствора йода определенной концентрации. Цвет муки устанавливается по эталонам, соответствующим по цвету определенному сорту муки. При сравнении выявляется соответствие или несоответствие действительных значений показателей качества базовым. Эта операция завершается установлением определенных градаций, классов, товарных сортов, марок продукции, что, в конечном счете, связано с принятием решения о присвоении товару определенной градации качества.

Основной задачей статистических методов приемочного контроля является обеспечение достоверной оценки качества продукции, предъявляемой на контроль, и однозначности признания качества продукции поставщиком и потребителем. В рамках системы менеджмента качества ответственным за качество продукции является изготовитель. При определенных условиях ответственность может перейти от изготовителя к контролеру. Это происходит в случаях, когда выпускаемая продукция по

результатам контроля делится на группы. Как правило, изготовитель должен подтвердить надлежащее качество изделий. При этом контроль может осуществляться выборочно, что позволяет уменьшить затраты как изготовителю, так и потребителю продукции. Так как при статистическом приемочном контроле решение принять или отклонить партию продукции реализуется по результатам контроля выборки, то всегда имеется некоторая вероятность принять ошибочное решение. При этом имеются риски как поставщика, так и потребителя.

Под риском поставщика (изготовителя) понимается вероятность отклонения партии продукции, обладающей приемлемым уровнем качества. Согласно ГОСТ Р 50.779.11 **риск поставщика** – для данного плана выборочного контроля вероятность отклонения партии, когда уровень качества партии или процесса имеет значение, признаваемое по плану приемлемым, например значение приемлемого уровня качества).

Качество риска поставщика (изготовителя) – уровень качества партии или процесса, который соответствует заданному риску поставщика (изготовителя) для установленного плана выборочного контроля.

Риск потребителя – вероятность приемки партии продукции обладающей предельным уровнем качества. Согласно ГОСТ Р 50.779.11 **риск потребителя** – при данном плане выборочного контроля вероятность приемки партии или процесса, когда их уровень качества имеет значение, признаваемое по плану неудовлетворительным, например значение предельного уровня качества).

Качество риска потребителя – уровень качества партии или процесса, который соответствует заданному риску потребителя для установленного плана выборочного контроля.

Приемочное число представляет собой норматив, который является критерием для приемки партии продукции и равный максимально допускаемому количеству дефектных единиц в выборке.

Браковочное число – это контрольный норматив, являющийся критерием для забракования партии и равный минимальному числу единиц товара в выборке.

Контроль осуществляется в соответствии с планом.

План статистического контроля – система правил, указывающих методы отбора изделий для проверки, и условия, при которых партию следует принять, забраковать или продолжить контроль. В настоящее время получили распространение три принципа выбора плана контроля.

Первый принцип. На основе данных по эксплуатации изделий устанавливается допустимая доля дефектности продукции q ($q = M/N$, где M – количество дефектных изделий в партии объемом N), т.е. такой предельный уровень качества, снижение которого по тем или иным соображениям потребителя и поставщика нежелательно. Объем выборки устанавливается таким образом, чтобы при любом качестве продукции до контроля качество принятой продукции было не хуже допустимого в эксплуатации. Недостатком этого принципа является то, что планы контроля не учитывают характер распределения уровня входного качества, т.е. уровня качества продукции, поставляемой на контроль.

Второй принцип. Объем выборки устанавливается исходя из эффективности контроля, учитывая, что дальнейшее увеличение объема выборки не приносит существенного улучшения выходного уровня качества продукции (т.е. уровня качества после контроля). Для использования второго принципа необходимо предварительно провести специальные исследования с целью установления закона распределения входного уровня качества, что представляется очень сложной организационной и математической задачей. В большинстве случаев в качестве первого приближения для распределения числа дефектных изделий в партии используется биномиальное распределение. Однако это распределение следует рассматривать как идеальный стандарт, характерный для хорошо отрегулированного, стабильного производства, так как оно возникает в том случае, когда каждый элемент партии может оказаться

дефектным с одной и той же вероятностью. Недостаток второго принципа выбора плана контроля: определение фиксированного распределения числа дефектных изделий в партии в том случае, когда имеются какие-то разладки в технологическом процессе, крайне проблематично и сомнительно, так как все результаты носят частный характер и далеки от универсальности. Представляется более разумным выбор плана контроля по первому принципу с последующей корректировкой процедуры контроля на основании статистической оценки уровня выходного качества по результатам приемки большого количества партий.

Третий принцип. Этот принцип предполагает экономическое обоснование планов контроля. На основе анализа процесса изготовления и эксплуатации изделий, учета их стоимости, включая затраты на контроль; убытков от приема дефектных изделий – устанавливается объем выборки, при котором достигается максимальный экономический эффект по сравнению со сплошным контролем или производством, при котором приемка продукции осуществляется без контроля. Учет стоимостных факторов, связанных с введением контроля, позволяет создать более гибкую систему планов контроля. Трудность решения этой проблемы состоит в правильном учете стоимостных факторов. Рассмотрим коротко основные из них. *Во-первых*, забраковав партию, как не соответствующую требованиям потребителя, предприятие несет ущерб, связанный с изготовлением партии, если она уничтожается, или с дополнительными расходами на контроль, если решение о браковке влечет за собой сплошную проверку. Такой ущерб легко поддается расчету. Более сложной экономической задачей является оценка потерь, связанных с созданием и эксплуатацией материальных ценностей теми годными изделиями, которые были забракованы в составе отклоненной контролем партии. *Во-вторых*, приняв решение о приемке партии, принимаются содержащиеся в ней дефектные изделия. Использование их на последующих этапах приведет к ущербу, оценка которого представляется также очень сложной экономической задачей. Недостаток третьего принципа

выбора плана контроля: создание универсальной методики решения задачи планирования приемочных испытаний (т.е. методики составления программы контроля), основанной на экономическом подходе, невозможно. Последние два принципа наиболее полно учитывают интересы не только изготовителя и потребителя, но и промышленности в целом. Однако использование их связано с решением ряда сложнейших организационных, экономических и математических задач, в настоящее время не решенных.

В соответствии с решением о дальнейшем использовании партий планы контроля делятся на два типа:

- D_1 – когда заключение о браковке партии приводит к решению об отклонении партии как негодной;
- D_2 – когда заключение о браковке партии приводит к решению о ее разбраковке и изъятии дефектных изделий (с заменой или без замены дефектных изделий годными).

Разбраковка – сплошной контроль материала или единиц продукции с исключением всех обнаруженных несоответствующих единиц или долей продукции. Разбраковка может быть применена для удаления несоответствующих единиц из контролируемой или производственной партии продукции, которая не была принята.

Контроль с разбраковкой – контроль всех единиц продукции или некоторого установленного их числа, в результате которого удаляют или заменяют несоответствующие единицы в партии или совокупности, непринятой при приемочном выборочном контроле.

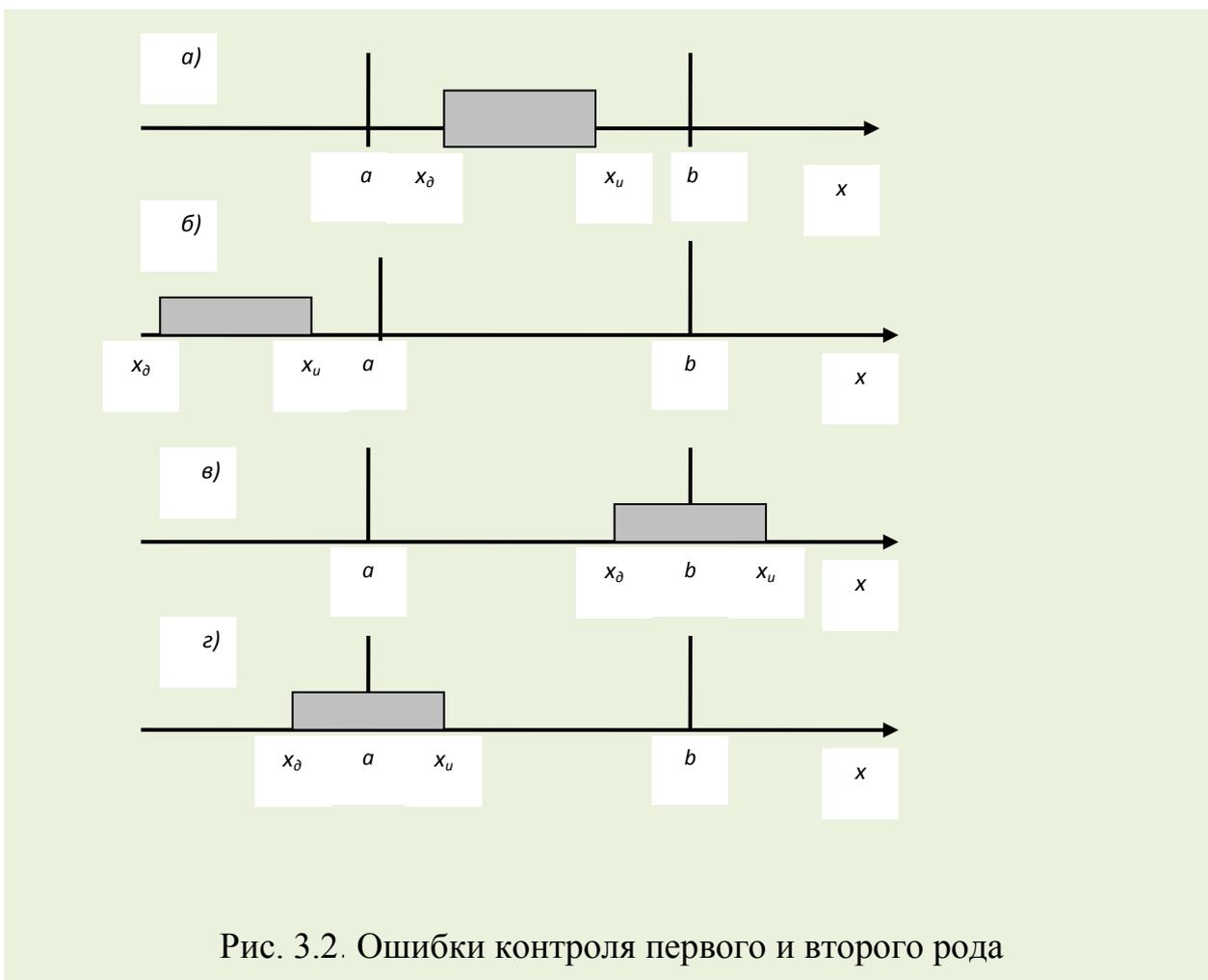
Если контроль носит разрушающий характер, то возможно применение только планов первого типа, во всех остальных случаях выбор типа плана определяется чисто экономическими соображениями и специфическими условиями производства.

Задача корректного выбора плана статистического контроля состоит в том, чтобы сделать ошибки первого и второго рода маловероятными. Ошибки первого рода связаны с возможностью ошибочно забраковать

партию изделий; ошибки второго рода связаны с возможностью ошибочно пропустить бракованную партию.

Поскольку при статистическом приемочном контроле суждение о качестве партии выносится на основании испытаний только части изделий из партии (выборки), неизбежны ошибки, связанные с браковкой хороших и приемкой плохих партий. При случайном отборе изделий можно при общем небольшом количестве дефектных изделий в партии отобрать на проверку значительное число дефектных, что приведет к ложному решению о браковке хорошей партии (ошибка первого рода). С другой стороны, при засоренности партии дефектными изделиями в выборке может оказаться сравнительно небольшое количество дефектных, и плохая партия будет принята (ошибка второго рода).

Метрологические несоответствия, допускаемые при разработке технической документации, влекут издержки для предприятия и снижают качество продукции. Увеличение погрешности измерений влечет за собой увеличение вероятности появления ошибок, то есть вероятность признания годного изделия дефектным (ошибки первого рода) и вероятность признания дефектного изделия годным (ошибки второго рода). В зависимости от того, как расположены по отношению к полю допуска, ограниченного пределами a и b , действительное x_d и измеренное x_n значения контролируемого параметра объекта, можно выделить четыре ситуации, представленные на рис. 3.2.



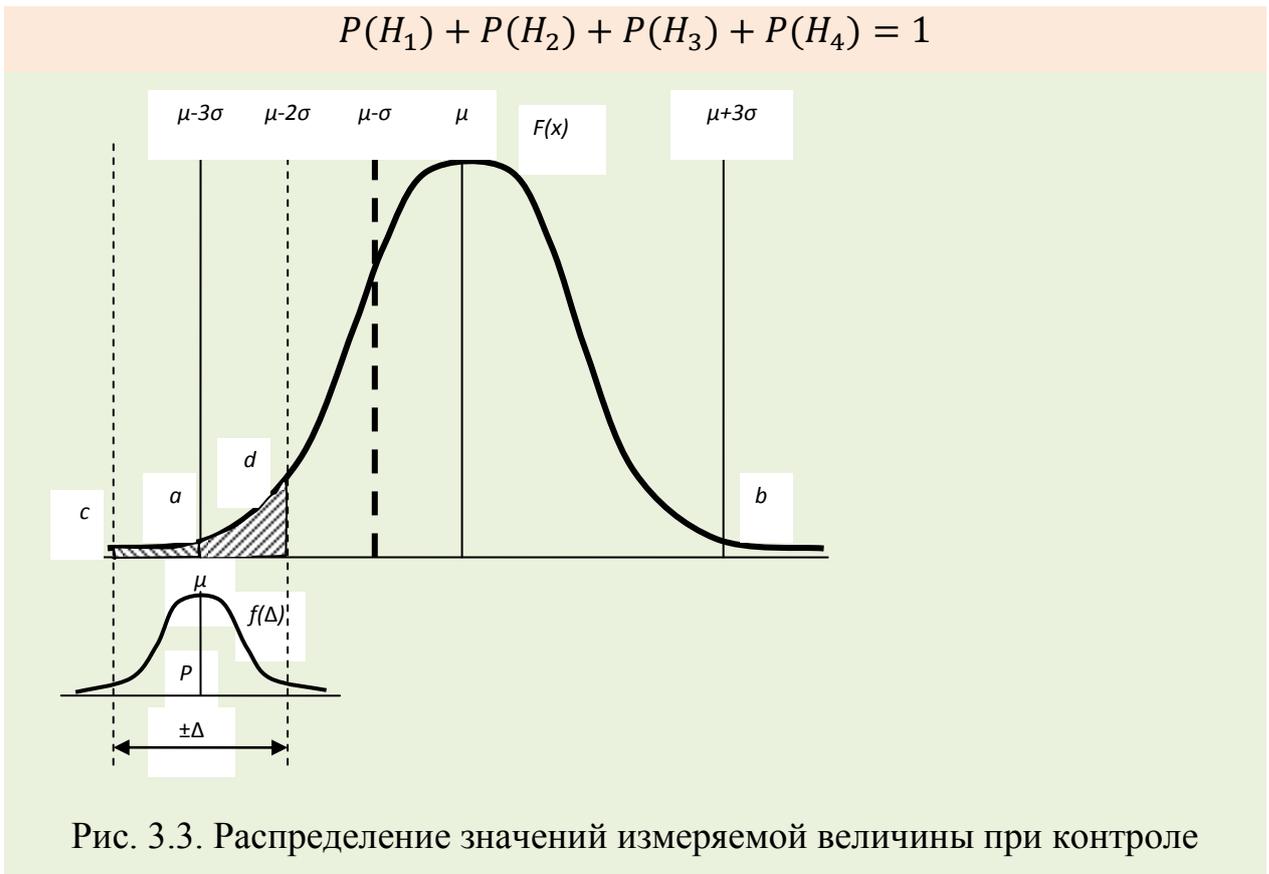
Ситуация 1. Значения $x_д$ и $x_и$ в процессе контроля находятся в допустимых пределах a, b (рис. 3.2, а). Указанное состояние контроля назовем гипотезой H_1 . Вероятность этой гипотезы $P(H_1)$ – вероятность верного заключения о соответствии измеряемого значения допустимому.

Ситуация 2. Значения $x_д$ и $x_и$ находятся вне поля допуска a, b (рис. 3.2, б). Вероятность гипотезы $P(H_2)$ – вероятность верного заключения о несоответствии измеряемого значения допустимому.

Ситуация 3. Значение $x_и$ указывает на брак, а $x_д$ свидетельствует о годности (рис. 3.2, в). Вероятность гипотезы $P(H_3)$ – вероятность ложного брака или вероятность ошибки первого рода P_1 .

Ситуация 4. Значение $x_и$ указывает на годность, а $x_д$ свидетельствует о браке (рис. 3.2, г). Вероятность гипотезы $P(H_4)$ – вероятность пропуска бракованного изделия или вероятность ошибки второго рода P_2 .

Вероятности гипотез $P(H_1)$, $P(H_2)$, $P(H_3)$, $P(H_4)$ несовместимы и образуют полную группу событий (рис. 3.3):



На рисунке $F(x)$ – функция распределения значений измеряемой величины, $F(\Delta)$ – функция распределения погрешности средств измерений. Теоретически величину ошибок первого рода можно рассчитать по формуле:

$$P_1 = 2 \int_a^d F(x) dx \cdot \int_{-\infty}^{\rho} F(\Delta) d\Delta, \quad (3.1)$$

где $F(x)$ – функция распределения значений измеряемой величины (рис. 3.3); a , d – границы интервала, в котором существует вероятность наступления ошибок первого рода; $F(\Delta)$ – функция распределения погрешности средств измерений; $-\infty$, ρ – границы интервала, в котором погрешность средств измерений не препятствует наступлению ошибки первого рода.

Величина ошибки второго рода рассчитывается по формуле:

$$P_2 = 2 \int_c^a F(x) dx \cdot \int_{\rho}^{+\infty} F(\Delta) d\Delta, \quad (3.2)$$

где c, a – границы интервала, в котором существует вероятность наступления ошибок второго рода;

$p, +\infty$ – границы интервала, в котором погрешность средств измерений не препятствует наступлению ошибки второго рода.

Если предположить, что функция распределения значений погрешности средства измерений $F(\Delta)$ подчиняется закону нормального распределения, а граница вероятности p равняется среднему значению погрешности, то будет верно выражение:

$$\int_p^{+\infty} F(\Delta)d\Delta = \int_{-\infty}^p F(\Delta)d\Delta = 0,5 \quad ()$$

Как показывает практика, расчет ошибок первого и второго рода по формулам (3.1, 3.2) на основании результатов измерений довольно затруднителен в реальных условиях.

Задача заключается в том, чтобы в условиях выборочного контроля такие ошибочные заключения делались крайне редко, а степень их возможности была заранее определена. Ошибки первого и второго рода должны учитываться при планировании приемочного контроля, а также контрольных испытаний.

4 ВИДЫ И МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ ПРОДУКЦИИ

4.1 Систематизация видов испытаний по основным признакам

Согласно ГОСТ 16504 *испытания* – экспериментальное определение количественных и (или) качественных характеристик свойств объекта испытаний как результата воздействия на него, при его функционировании, при моделировании объекта и (или) воздействий.

Характеристики свойств объекта при испытаниях могут оцениваться, если задачей испытаний является получение количественных или качественных оценок, а могут контролироваться, если задачей испытаний является только установление соответствия характеристик объекта заданным требованиям. В этом случае испытания сводятся к контролю. Поэтому ряд видов испытаний являются контрольными, в процессе которых решается задача контроля.

Важнейшие признаки испытаний:

- принятие на основе их результатов определенных решений (о его годности или забраковании, о возможности предъявления на следующие испытания, о возможности серийного выпуска и другие);
- задание определенных условий испытаний (реальных или моделируемых), под которыми понимается совокупность воздействий на объект и режимов функционирования объекта, при наличии воздействий, до или после их приложения;
- наличие некоторой организованной совокупности исполнителей (организаций или отдельных лиц), располагающих необходимыми средствами испытаний и взаимодействующих с определенными объектами испытаний по установленным правилам. В этом смысле говорят, например, о системе испытания сельскохозяйственных машин, базирующейся на машиноиспытательных станциях Госкомсельхозтехники; о системе государственных испытаний средств измерений, базирующейся на метрологических институтах и регламентируемой соответствующими

государственными стандартами; о системе государственных испытаний важнейших видов продукции, базирующейся на головных организациях по государственным испытаниям и регламентируемой соответствующим комплексом нормативных документов.

Широкий круг видов испытаний, объединяемых в категории испытаний, характеризуется организационными признаками их проведения, а именно – уровнем (государственные, межведомственные, ведомственные испытания), этапами разработки (предварительные, приемочные), различными видами испытаний готовой продукции (квалификационные, приемо-сдаточные, периодические, типовые и т.д.).

Согласно ГОСТ 16504 *категория испытаний* – вид испытаний, характеризуемый организационным признаком их проведения и принятием решений по результатам оценки объекта в целом.

Как отмечалось ранее, в систему испытаний входят следующие основные элементы: объект (изделие, продукция), категория испытания, средства для проведения испытаний и замеров (испытательное оборудование поверочные или регистрирующие средства), исполнитель испытаний, нормативно-техническая документация на испытания (программа, методики). Основным результатом испытаний является вывод о качестве испытуемого объекта – о его исправности или неисправности, о возможности предъявления на следующие этапы испытаний, о возможности серийного выпуска и т.д. В зависимости от вида продукции и программы испытаний объектом испытаний может выступать единичное изделие или партия изделий, которые подвергается сплошному или выборочному контролю. Главным характерным признаком любой системы испытаний является наличие некоторой организованной совокупности исполнителей (организаций или отдельных лиц), располагающих необходимыми средствами испытаний и взаимодействующих с определенными объектами испытаний по установленным правилам.

Воспроизводимость результатов испытаний, кроме методики испытаний, может в значительной степени зависеть от свойств объекта испытаний. Если объектом является, например, партия изделий, подвергаемая выборочным испытаниям, то такие испытания у поставщика и потребителя могут проводиться на различных образцах, выбранных из данной партии, и в этом случае неоднородность изделий может существенно, иногда решающим образом, влиять на воспроизводимость результатов испытаний.

Систематизация видов испытаний по основным признакам согласно ГОСТ 16504 приведена в табл. 4.1.

Таблица 4.1 – Виды испытаний

Признак вида испытаний	Вид испытаний
1 Назначение испытаний	Исследовательские Контрольные Сравнительные Определительные
2 Уровень проведения испытаний	Государственные Межведомственные Ведомственные
3 Этапы разработки продукции	Доводочные Предварительные Приемочные
4 Испытания готовой продукции	Квалификационные Предъявительские Приемо-сдаточные Периодические Инспекционные Типовые Аттестационные Сертификационные
5 Условия и место проведения испытаний	Лабораторные Стендовые Полигонные Натурные Испытания с использованием моделей Эксплуатационные
6 Продолжительность испытаний	Нормальные Ускоренные Сокращенные

Окончание таблицы 4.1

Признак вида испытаний	Вид испытаний
7 Вид воздействия	Механические Климатические Термические Радиационные Электрические Электромагнитные Магнитные Химические Биологические
8 Результат воздействия	Неразрушающие Разрушающие Испытания на стойкость Испытания на прочность Испытания на устойчивость
9 Определяемые характеристики объекта	Функциональные Испытания на надежность Испытания на безопасность Испытания на транспортабельность Граничные испытания Технологические испытания

Испытания могут иметь два и более признаков из числа перечисленных. В необходимых случаях наименование испытаний включает перечисление этих признаков видов испытаний, например, межведомственные периодические стендовые испытания на надежность и т.п. Категория испытания, характеризующаяся организационными признаками и принятием решений по результатам оценки объекта в целом, включает виды испытаний, определяемые уровнем их проведения, этапами разработки, а также все испытания готовой продукции.

Пример: в зависимости от стадий жизненного цикла продукции проводятся следующие испытания: на стадии исследований – исследовательские, на стадии разработки – доводочные, предварительные, приемочные; на стадии производства – квалификационные, предъявительские, приемосдаточные, периодические, типовые, сертификационные, инспекционные; на стадии эксплуатации –

подконтрольная эксплуатация, эксплуатационные периодические, инспекционные.

4.2 Категории испытаний по назначению

По назначению испытания можно разделяют на исследовательские, контрольные, сравнительные, определительные.

Исследовательские испытания – испытания, проводимые для изучения определенных характеристик свойств объекта. Проводятся с целью определения или оценки показателей качества функционирования испытуемого объекта в определенных условиях его применения; выбора наилучших режимов применения объекта или наилучших характеристик свойств объекта; сравнение множества вариантов реализации объекта при проектировании и аттестации; построения математической модели функционирования объекта (оценки параметров математической модели); отбора существенных факторов, влияющих на показатели качества функционирования объекта; выбора вида математической модели объекта (среди заданного множества вариантов).

Исследовательские испытания при необходимости проводят на любых стадиях жизненного цикла продукции. В процессе производства продукции покупные материалы, комплектующие изделия могут подвергаться контрольным испытаниям при входном контроле, а составные части собственного изготовления – при операционном. Исследовательские испытания проводят для изучения поведения объекта при том или ином внешнем воздействующем факторе (ВВФ) или если нет необходимого объема информации. Чаще всего это бывает, когда объект недостаточно изучен, например, при исследовательских работах, проектировании, выборе оптимальных способов хранения, транспортирования, ремонта и технического обслуживания.

В цехах опытного производства по эскизам изготавливают модели, макеты, опытные образцы сборочных узлов или изделий, которые затем испытывают. В процессе испытаний оценивают работоспособность образца, правильность конструкторского решения, определяют возможные характеристики, выясняют закономерности и тенденции изменения параметров. Различные проверки проводят по специальной программе, которую разрабатывает ведущий конструктор.

Исследовательские испытания проводят в основном на типовом представителе с целью получения информации о совокупности всех объектов данного вида. Таким образом, исследовательские испытания проводятся для изучения характеристик свойств объекта, формирования исходных требований к продукции, выбора технических решений, определения характеристик продукции и ее составных частей, выбора наиболее эффективных методов производства, эксплуатации и контроля продукции; определения условий эксплуатации. Испытания организует ведущий конструктор.

Контрольные испытания – испытания, проводимые для контроля качества объектов. К контрольным испытаниям относятся предварительные, приемочные, квалификационные, предъявительские, приемо-сдаточные, периодические, инспекционные, типовые, сертификационные.

Сравнительные испытания – испытания аналогичных по характеристикам или одинаковых объектов, проводимые в идентичных условиях для сравнения характеристик свойств (для оценки изменчивости внутри групп и между группами продукции).

Сравнительные испытания могут проводиться на стадии формирования проекта по договоренности заказчика и разработчика для более глубокого предварительного изучения вопроса необходимости и целесообразности создания новых видов продукции и путей их разработки, производства и эксплуатации с целью сравнительного анализа планируемых показателей продукции с показателями лучших отечественных и зарубежных аналогов

(при их наличии). При подготовке рабочей технической документации на основе технической документации иностранных фирм изготовителем в общем случае могут вноситься необходимые изменения в техническую документацию иностранных фирм и (или) ее переоформление, а также разработка недостающих документов; изучаться возможность замены материалов и комплектующих изделий, заложенных в технической документации иностранных фирм, что обеспечит применение доступных для приобретения материалов и комплектующих изделий с аналогичными свойствами, с проведением (при необходимости) сравнительных испытаний, подтверждающих такую возможность. Такие исследования могут быть проведены иностранной фирмой с официальным подтверждением результатов.

В тех случаях, когда, по мнению изготовителя, замена материалов и комплектующих изделий составляет значительный объем, а возможность такой замены ранее не изучалась и сравнительными испытаниями не подтверждена, им может быть принято решение об изготовлении опытного образца (опытной партии) и проведении приемочных испытаний

Определительные испытания – испытания, проводимые для определения значений характеристик объекта с заданными значениями показателей точности и/или достоверности.

4.3 Категории испытаний по уровню проведения

По уровню проведения различают испытания:

- государственные,
- межведомственные,
- ведомственные.

Государственные испытания (ГОСТ 16504) –испытания установленных важнейших видов продукции, проводимые головной организацией по государственным испытаниям или приемочные испытания,

проводимые государственной комиссией или испытательной организацией, которой предоставлено право их проведения.

Пример: государственные испытания средств измерений.

Согласно ГОСТ 16504 **головная организация по государственным испытаниям продукции** – организация, которая утверждена в принятом порядке для проведения на государственном уровне испытаний установленных важнейших видов продукции производственно-технического и культурно-бытового назначения. Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР № 695 от 12 июля 1979 г. понятие «государственные испытания» распространено на важнейшие виды продукции производственно-технического и культурно-бытового назначения. На утверждаемые в соответствии с постановлением головные организации по государственным испытаниям этих видов продукции возложено проведение широкого круга государственных испытаний, включающих наряду с приемочными также испытания серийной продукции, импортируемой продукции, аттестационные и другие виды испытаний. Соответственно изменено содержание понятия «государственные испытания» для указанных важнейших видов продукции. Вместе с тем для других важнейших видов продукции, на которые деятельность головных организаций не распространяется, сохранено прежнее содержание понятия «государственные испытания» как приемочные испытания, проводимые государственной комиссией с дополнением возможности их проведения организациями, которым такое право предоставлено.

Межведомственные испытания – испытания продукции, проводимые комиссией из представителей нескольких заинтересованных министерств и/или ведомств или приемочные испытания установленных видов продукции для приемки составных частей объекта, разрабатываемого совместно несколькими ведомствами.

При проведении испытаний необходимо обеспечить их единство, т.е. необходимую точность, воспроизводимость и достоверность результатов

испытаний. Обеспечение единства испытаний направлено на устранение расхождений в результатах повторных испытаний у поставщика и потребителя и сокращение объема повторных испытаний. При этом главной целью испытаний является безусловная достоверность и полнота получаемой при испытаниях информации о качестве продукции.

Технической основой обеспечения единства испытаний являются аттестованное испытательное оборудование и поверенные средства измерений, средства аттестации и поверки.

Нормативно-методической основой обеспечения единства испытаний являются:

- стандарты на методы испытаний продукции;
- программы и методики испытаний продукции;
- организационно-методические документы, устанавливающие порядок деятельности испытательных подразделений, регламентирующие общие требования к испытаниям продукции, а также надзор за их проведением;
- стандарты, относящиеся к Системе обеспечения единства измерений.

Ведомственные испытания – испытания, проводимые комиссией из представителей заинтересованного ведомства (министерства).

4.4 Категории испытаний по видам воздействия внешних факторов

4.4.1 Классификация внешних воздействующих факторов

Внешние воздействующие факторы (ВВФ) – это явления или процессы внешние по отношению к изделию или его составным частям, которые вызывают или могут вызывать ограничения или потерю работоспособности изделия в процессе эксплуатации.

К внешним факторам относятся действия окружающей среды и особенности эксплуатации, связанные с местом установки изделия

и условиями его транспортирования. По ГОСТ 21964 ВВФ делятся на следующие классы: механические, климатические, биологические, радиационные, электромагнитные, специальных сред и термические. В свою очередь каждый класс ВВФ подразделяется на группы, а каждая группа на виды.

Испытания изделий на воздействие внешних факторов проводятся при воспроизведении факторов с помощью технических средств испытаний в соответствии с требованиями НТД – стандартов, технических заданий, технических условий, программ испытаний и т.д.

При испытаниях на ВВФ применяют последовательный, параллельный, последовательно-параллельный и комбинированный способы проведения испытаний. При последовательном способе одно и то же изделие подвергается всем предусмотренным программой видам испытаний. Последовательность испытаний предусматривает соблюдение определенного порядка взаимодействия внешних факторов. Характерной особенностью последовательного способа проведения испытаний является наличие эффекта накопления деградиационных изменений в физической структуре изделия по мере перехода от одного внешнего воздействия к другому, вследствие этого усложняется интерпретация результатов испытаний.

При параллельном способе проведения испытаний воздействию различных внешних воздействующих факторов подвергают несколько образцов изделия.

При последовательно-параллельном способе испытаний все образцы изделий, отобранные для испытаний, разбиваются на несколько групп, которые испытываются параллельно, а в каждой группе испытания проводятся последовательным способом.

Все более распространенным становится комбинированный (комплексный) способ испытаний, при котором на изделие воздействует одновременно несколько внешних факторов, имитирующих реальные условия эксплуатации. Испытательные режимы при проведении испытаний

устанавливают и поддерживают с допускаемыми отклонениями, регламентируемыми в документации на испытания. Продолжительность выдержки изделия в испытательном режиме отсчитывают с момента установления режима испытаний.

Испытания изделий проводят в следующей последовательности:

- начальная стабилизация (при необходимости);
- начальная проверка характеристик (при необходимости);
- выдержка в испытательном режиме;
- проверка характеристик в испытательном режиме (при необходимости);
- заключительные проверки характеристик (при необходимости).

При начальной и конечной стабилизации изделие выдерживают в нормальных условиях в течение времени и режимах, установленных в НТД. Начальные и заключительные проверки характеристик изделия проводят после стабилизации. Перечень проверяемых характеристик, их значение до, в процессе и после выдержки изделия в испытательном режиме устанавливают в НТД. В соответствии с видами воздействия ВВФ испытания бывают:

- механические;
- климатические;
- радиационные;
- электромагнитные;
- электрические;
- магнитные;
- химические (испытания на воздействие специальных сред);
- биологические (испытания на воздействие биологических факторов);
- комплексные (испытания на воздействие нескольких факторов).

Представленные ниже методы испытаний ориентированы в основном на оценку соответствия изделий заданным требованиям. Однако эти методы

могут быть использованы для других целей, например для определения показателей стойкости.

Первый класс –механические ВВФ –содержит шесть групп (табл. 4.2).

Таблица 4.2 – Механические ВВФ

Механические ВВФ					
Колебания	Удар	Постоянное ускорение	Механическое давление	Сила (момент)	Поток жидкости
синусоидальная вибрация; случайная вибрация; акустический шум; качка; наклон (крен, дифферент)	механический; гидравлический; акустический; сейсмический; баллистический; взрывной волны	линейное; угловое; центростремительное	статическое; динамическое	растягивающая изгибающая сжимающая крутящий момент механический срез импульс силы	течение

Первая группа –колебания движения, характеризующиеся той или иной степенью повторяемости во времени. Колебания могут иметь различный источник возбуждения, отличаться степенью повторяемости и быстротой смены состояния. К числу колебаний в первую очередь надо отнести механические (движение маятников, различных частей машин при их работе, волнение поверхности моря). Частным случаем колебания является вибрация (по латыни это и есть колебание). Вибрация возникает при движении различных транспортных средств, при работе машин. Кроме перечисленных видов колебаний, к этой группе относится акустический шум, представляющий собой случайные механические колебания звукового диапазона в твердых, жидких и газообразных средах. Качка – колебания находящегося на воде предмета под воздействием ветра и волны. Наклон (крен, дифферент) в вертикальной, продольной или поперечной плоскостях. Например, судно может иметь дифферент (наклон) на корму или на нос.

Вторая группа – удар – совокупность явлений, возникающих при столкновении двух тел, а также при некоторых видах взаимодействия твердого тела с жидкостью или газом.

Механический удар – воздействие, представляющее собой результат кратковременного механического взаимодействия твердых тел при их столкновении между собой. Удар жидкой струи о тело – гидравлический удар – это результат воздействия резкого повышения или понижения давления Движущейся жидкости при внезапном уменьшении или увеличении скорости потока.

Аэродинамический удар – механическое воздействие ударной волны, образующейся при движении летательного аппарата в атмосфере в момент достижения им сверхзвуковой скорости.

Сейсмический удар – удар, вызванный естественными причинами, например, землетрясением или искусственным взрывом.

Баллистический удар – механическое воздействие ударной волны, образующейся при движении тела по баллистической траектории при резком увеличении плотности, давления и скорости среды.

Взрывная волна – представляет собой сжатую и приведенную в движение среду со сверхзвуковой скоростью, например, при взрывах.

Третья группа – постоянное ускорение. Постоянное ускорение – это векторная величина, характеризующая быстроту изменения с течением времени вектора скорости некоторой материальной точки. В соответствии со вторым законом Ньютона линейное ускорение материальной точки пропорционально действующей на нее результирующей силе и совпадает с этой силой по направлению. Разложение ускорения на две составляющие, направленные соответственно по касательной к траектории точки, называется тангенциальное (угловое) ускорение, а по главной нормали к траектории точки в сторону центра – центростремительное (нормальное) ускорение. Единица ускорения м/с.

Невесомость – состояние механической системы, при котором действующее на систему внешнее поле тяготения не вызывает взаимного давления одной части системы на другую и их деформации.

Пример: тело, подвешенное на пружине, не вызывает ее деформации, а тело, лежащее неподвижно на опоре, не оказывает на нее силового воздействия.

Четвертая группа – механическое давление – величина, характеризующая интенсивность сил на какую-нибудь часть поверхности тела по направлениям, перпендикулярным к этой поверхности.

Статистическое давление – это давление, место применения и величина которого во времени меняются столь незначительно, что ими можно пренебречь.

Динамическое давление – это давление, характеризующееся быстрым изменением во времени его величины или точки приложения.

Пятая группа – сила (момент) – векторная величина, служащая мерой взаимодействия тел. Единица силы – ньютон (Н).

Момент силы – механическая величина, характеризующая внешнее воздействие на тело (или систему тел) и определяющая изменение вращательного движения тела. Единица момента силы – ньютон на метр (Н·м). Растягивающая (сжимающая) сила характеризуется направлением вектора при взаимодействии тел: направление к телам – сжимающая, от тел – растягивающая.

Изгибающая сила – воздействие внешних сил, лежащих в разных плоскостях, вызывающих изгиб, например, бруса.

Крутящий момент – действие сил, вызывающих деформацию кручения, выражается произведением силы на длину.

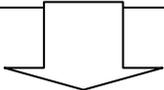
Механический срез – разрушение при сдвиге одной части материала относительно другой в результате действия силы. В наиболее чистом виде срез осуществляется в поперечных сечениях при кручении полых цилиндров из пластичных материалов.

Импульс силы – векторная величина, характеризующая действие, оказываемое на тело какой-либо силой за некоторый промежуток времени.

Шестая группа – поток жидкости, имеющая только один вид: течение потока жидкости.

Второй класс – климатические и другие природные ВВФ, – содержит 10 групп, в которых 18 видов (табл. 4.3).

Таблица 4.3 – Климатические и другие природные ВВФ

Климатические и другие природные ВВФ				
Атмосферное давление	Температура среды	Влажность	Атмосферные осадки	Туман
Повышенное;	Повышенная;	Повышенная;	Выпадающие (дождь, град, снежная крупа);	Городской;
Пониженное;	Пониженная;	Пониженная;	Конденсированные (роса, гололед)	Соляной (морской)
Изменение давления	Изменение температуры	Изменение Влажности		
				
Пыль, песок	Солнечное излучение	Поток воздуха	Среда с коррозионной активностью	Ледово-снежная среда
Статическая	Интегральное	Ветер	Атмосферная	Лед
Динамическая	Ультрафиолетовое		Водная	Снежный покров
		Почвенно-грунтовая		

Газовая оболочка, окружающая Землю и вращающаяся вместе с Землей, называется атмосферой. Физическая атмосфера (атмосфера – внесистемная единица давления) равна атмосферному давлению 760 мм рт. ст. и соответствует 101,325 кПа, меньшее давление является пониженным, большее – повышенным; перепад давления в ту или другую сторону называется изменением давления. Атмосферное давление и давление других газов при величине 101,325 кПа называется нормальным. Параметры давления являются первой группой второго класса ВВФ.

Вторая группа – температура среды – один из основных параметров состояния, характеризующий тепловое состояние системы. Единица температуры – Кельвин (К). Данная группа ВВФ, как и первая, содержит два

вида: первый – повышенная или пониженная температура среды и второй – изменение температуры.

Третья группа – влажность воздуха или других газов – содержание в воздухе водяного пара; это одна из наиболее существенных характеристик. Важнейшие величины, характеризующие влажность, следующие: абсолютная влажность воздуха – отношение массы водяного пара к объему воздуха ($\text{кг}/\text{м}^3$); парциальное давление водяного пара, содержащегося в воздухе (Па); относительная влажность воздуха – отношение фактической массы водяного пара, содержащегося в воздухе, к максимально возможной (насыщающей) массе его в данном объеме воздуха при данной температуре (в %). Для средних широт атмосферная влажность воздуха у земной поверхности колеблется в пределах от $10 \text{ г}/\text{м}^3$ (летом) до $3 \text{ г}/\text{м}^3$ (зимой). Наиболее благоприятные условия в средних климатических зонах – относительная влажность воздуха 40–60 %. Уменьшение или увеличение приведенных величин является повышением или понижением влажности воздуха для данного периода, в данной климатической зоне, а разность величин, характеризующих влажность в период времени, является изменением влажности воздуха.

Четвертая группа – атмосферные осадки – содержит два вида:

- выпадающие осадки (дождь, град, снежная крупа), т.е. осадки, выпадающие из облаков в виде воды в жидком или твердом состоянии;
- конденсированные осадки (роса, иней, изморозь, гололед), т.е. осадки, образующиеся на поверхности земли и на предметах в виде воды в жидком или твердом состоянии в результате конденсации водяного пара, находящегося в воздухе.

Пятая группа – туман, который может быть городской или морской. Туман – это конденсационный аэрозоль с жидкой дисперсной фазой воды (морской воды).

Шестая группа – пыль (песок), аэрозоль с твердой дисперсной фазой в виде пыли или песка имеет два вида – статическое состояние и динамическое.

Седьмая группа – солнечное излучение, которое может быть интегральным и ультрафиолетовым. По сути дела это лучистый теплообмен, т.е. обогрев Земли вследствие поглощения попадающего на нее излучения Солнца.

Восьмая группа – поток воздуха (ветер), движущийся с различной скоростью, но не менее $0,6 \text{ мс}^{-1}$ массы воздуха, содержащего кинетическую энергию.

Девятая группа – среда с коррозионной активностью, содержит три вида. Среда с коррозионно-активным агентом атмосферы (сернистый газ, хлориды), т.е. коррозия происходит при нахождении и воздействии на предмет (изделие) атмосферного воздуха. Среда, в которой находится коррозионно-активный агент морской воды: хлориды, сульфаты, карбонаты, щелочные и щелочноземельные металлы и др. И, наконец, коррозионно-активный агент почвенно-грунтовой среды: хлориды, нитриды, сульфаты, карбонаты, гумус, метаболизм и др.

Десятая группа – ледово-снежная среда, состоящая из льда и снежного покрова.

Третий класс – биологические ВВФ (табл. 4.4) – состоит из трех групп.

Первая группа – растения (бактерии, плесневые грибы, лишайники, обрастатель, высшие растения).

Вторая группа – беспозвоночные животные (губки, моллюски, членистоногие, иглокожие).

Третья группа – позвоночные животные (рыбы, земноводные, пресмыкающиеся, птицы, млекопитающиеся).

Таблица 4.4 – Биологические ВВФ

Биологические ВВФ		
Растения	Беспозвоночные животные	Позвоночные животные
бактерии	губки	рыбы
грибы плесневые	черви	земноводные
дрожжи	моллюски	пресмыкающиеся
водоросли	членистоногие	птицы
лишайники	иглокожие	млекопитающиеся
высшие растения		

Четвертый класс – радиационные ВВФ (табл. 4.5) – состоит из одной группы – ионизирующие излучения, содержащей два вида.

Таблица 4.5 – Радиационные ВВФ

Радиационные ВВФ	
Ионизирующие излучения	
Гамма-излучение	Нейронное излучение
Рентгеновское излучение	Электронное излучение
	Протонное излучение

Квантовое (электромагнитное) излучение. К этому виду относятся гамма лучи и рентгеновские лучи. Гамма лучи имеют очень короткую длину волны (менее 0,1 нм), испускаемые при радиоактивных превращениях и ядерных реакциях. Рентгеновские лучи – коротковолновое электромагнитное излучение с длиной волны от 10^{-7} до 10^{-12} м. Рентгеновские лучи можно получить при бомбардировке быстрыми электронами положительного электрода рентгеновской трубки (электровакуумный прибор), кроме того, источником рентгеновских лучей могут быть некоторые радиоактивные изотопы, синхротроны и накопители электронов. Эти лучи вызывают люминесценцию (свечение) некоторых веществ, обладают большой проникающей способностью.

Нейтронные, электронные и протонные излучения. Нейтрон – электрически нейтральная элементарная частица. Протон – стабильная элементарная частица с единичным положительным элементарным электрическим зарядом. Протоны являются основным компонентом первичных космических лучей. Нейтроны и протоны входят в состав всех

атомных ядер. Нейтроны вызывают различные ядерные реакции, в частности, цепные. Электрон – стабильная элементарная частица с единичным отрицательным элементарным электрическим зарядом. Электроны входят в состав всех атомных ядер и молекул и играют важнейшую роль в строении и свойствах веществ. Излучения, несущие потоки протонов и других частиц, – это корпускулярное ионизирующее излучение.

Пятый класс – ВВФ электромагнитного поля (табл. 4.6) – состоит из двух групп: электромагнитное поле и электрический ток.

Таблица 4.6 – ВВФ электромагнитных полей

ВВФ электромагнитных полей	
Электромагнитное поле	Электрический ток
электрическое поле	постоянный ток переменный ток электрический импульс
магнитное поле	
низкочастотное поле	
высокочастотное поле	
СВЧ поле	
лазерное излучение	

Первая группа – электромагнитное поле, – одно из физических полей, посредством которого осуществляется взаимодействие электрически заряженных частиц или частиц, обладающих магнитным моментом. Частные случаи электромагнитного поля – чистое электрическое поле, создаваемое электрическими зарядами, и чистое магнитное поле, создаваемое неподвижными проводниками с постоянными токами или постоянными магнитами. Электрическое и магнитное поля являются первым видом группы – электромагнитное поле.

Второй и третий вид группы различают в зависимости от частоты поля – низкочастотное и высокочастотное, включая лазерное излучение.

Вторая группа – электрический ток, – содержит виды: постоянный ток, неизменяемый во времени ни по силе, ни по направлению; переменный ток, периодически изменяющийся по силе и направлению; электрический

импульс – кратковременное изменение электрического напряжения или силы тока.

Шестой класс – ВВФ специальных сред (табл. 4.7) это среда (кроме воздуха) внешняя по отношению к продукции (изделию) или заполняющая его внутренний объем. Класс содержит четыре группы.

Таблица 4.7 – ВВФ специальных сред

ВВФ специальных сред			
Кислотно-щелочная среда	Масла и смазки	Топлива	Специальные среды
неорганические соединения;	на основе нефтепродуктов;	на основе нефтепродуктов;	испытательные среды;
органические соединения	синтетические	спирты;	рабочие растворы (дезинфицирующие, дезактивирующие, стерилизующие);
		компоненты ракетного топлива	рабочие тела;
			отравляющие вещества;
			радиоактивные аэрозоли

Первая группа – кислотно-щелочная и нейтральная – содержит два вида:

- **неорганические соединения** – любые химические элементы и их соединения, без соединений углерода (кроме некоторых наиболее простых), к их числу относятся кислоты, соли, оксиды, сульфиды, нитриды, карбиды, галогениды и др.;

- **органические соединения** – это соединения углерода, имеющего способность соединяться с большинством элементов и образовывать молекулы самого различного состава и строения, в частности, это различные кислоты, спирты, синтетические красители и т.д.

Вторая группа – масла и смазки, состоящая из двух видов: на основе нефтепродуктов (минеральные масла) и синтетические, получаемые синтезом из органических соединений.

Третья группа – топливо также имеет два вида: на основе нефтепродуктов (бензин, лигроин, керосин и др.) и компоненты ракетного топлива (жидкий водород, тетраоксид азота, жидкий кислород и т.д.).

Четвертая группа – специальные среды (название аналогично наименованию класса) – содержит пять видов.

Первый вид – это испытательная среда, т.е. специальная среда, воздействующая на изделие при проведении испытаний в процессе его изготовления и приемки. К специальным средам в автомобилестроении можно отнести тормозные жидкости, антифриз и др. Ко второму виду относятся рабочие растворы- специальные среды, представляющие собой раствор органических или неорганических веществ, применяемых для дезинфекции, дезактивации, стерилизации и дегазации. Третий вид – рабочее тело – это специальная среда для передачи энергии или преобразования одного вида энергии в другую. Четвертый вид – отравляющие вещества, т.е. ядовитые (токсичные) соединения, которые при применении вызывают массовое поражение живой силы. Это могут быть отравляющие вещества: нервно-паралитического действия, обще ядовитые, кожно-нарывные, удушающего, раздражающего, психохимического действия. Пятый вид – радиоактивные аэрозоли. Аэрозоль – коллоидная система, состоящая из газовой среды, в которой взвешены твердые или жидкие частицы. Радиоактивные аэрозоли образуются при ядерных взрывах, при добыче и переработке ядерного топлива.

Седьмой класс – термические ВВФ (табл. 4.8) – содержит две группы: первая – тепловой удар и вторая – нагрев.

Таблица 4.8 – Термические ВВФ

Термические ВВФ	
Тепловой удар	Нагрев
тепловое излучение взрыва	аэродинамический; трением; тепловым потоком; пламенем

Тепловой (термический) удар – резкое (обычно однократное) температурное воздействие (быстрый нагрев или быстрое охлаждение), которое может привести к высоким температурным напряжениям, вызывающим деформацию и разрушение. Тепловой удар имеет только один вид ВВФ – тепловое излучение взрыва. Известно, что взрыв – процесс освобождения большого количества энергии в ограниченном объеме за короткий промежуток времени. В результате взрыва вещество, заполняющее объем, превращается в сильно нагретый газ с очень высоким давлением, при этом в окружающей среде образуется и распространяется волна, несущая и тепловой удар.

Вторая группа – нагрев – состоит из четырех видов.

Первый вид – аэродинамический нагрев – нагрев поверхности летательного аппарата (самолета, ракетносителя спускаемого аппарата, космического корабля и др.) при движении в атмосфере. Аэродинамический нагрев особенно заметен при движении со сверхзвуковой скоростью и является следствием перехода кинетической энергии аппарата, тормозящего атмосферой, в тепловую энергию газа, обтекающего аппарат. Второй вид – нагрев трением, т.е. нагрев из-за внешнего механического взаимодействия между твердыми телами, которое возникает в местах их соприкосновения. Кинематическое трение, а иначе трение между движущимися деталями машин, вызывает нагрев трущихся частей механизма. Третий вид – тепловой поток – это поток энергии (тепловой), переносимый в процессе теплообмена (лучистого или конвективного).

Четвертый вид – пламя – видимый результат горения. Горение – сложное быстропротекающее химическое превращение, сопровождающееся выделением теплоты и света.

4.4.2 Испытания на воздействие механических ВВФ

Основными видами механических испытаний являются испытания:

- на обнаружение резонансных частот;
- на виброустойчивость;
- на вибропрочность (длительное и кратковременное);
- на ударную прочность;
- на ударную устойчивость;
- на воздействие одиночных ударов;
- на воздействие линейных (центробежных) нагрузок;
- на воздействие акустических шумов.

Испытание на обнаружение резонансных частот проводят:

- для определения отсутствия резонансных частот в заданном диапазоне;
- для определения возможности применения и выбора методов ускоренных испытаний на вибропрочность;
- при необходимости включения сведений о резонансных частотах в документы по применению или справочники.

Испытание на воздействие вибрации и удара проводят при воздействии фактора в каждом из трех взаимно перпендикулярных направлений по отношению к изделию. Испытание на виброустойчивость допускается совмещать с испытанием на вибропрочность, проводя его в начале и конце испытания на вибропрочность. При этом скорость изменения частоты вибрации должна быть достаточной для проверки и регистрации пара метров изделия, контролируемых в процессе испытания на виброустойчивость.

Механические испытания проводят при нормальных климатических условиях. Допускается повышение температуры окружающего воздуха при вибрационных испытаниях за счет выделения тепла стендом и изделием в пределах, оговоренных в НТД.

Испытание на обнаружение резонансных частот. Испытания проводят с целью определения резонансных частот изделий или их отдельных деталей и узлов. Если испытание на обнаружение резонансных частот совмещают с испытанием на виброустойчивость, то величина ускорения должна быть равной величине, установленной для испытания на виброустойчивость. Резонансные частоты определяют с помощью виброметров (рис. Д.1 приложения Д) или визуально при помощи микроскопа, стробоскопа и т.п. или по измерению выходных параметров изделий.

Изделия, имеющие собственные амортизаторы, испытывают без амортизаторов при жестком креплении. Изделия, к которым предъявлено требование по воздействию вибрационных нагрузок, испытывают в диапазоне от 5 Гц до верхней частоты заданного диапазона вибрационных нагрузок. Изделия, к которым предъявлено требование по отсутствию резонансных частот в заданном диапазоне, но не предъявлено требование в отношении вибрационных нагрузок, испытывают в диапазоне от 5 Гц до верхней частоты диапазона, в котором должны отсутствовать резонансы.

Если испытание на обнаружение резонансных частот совмещают с испытанием на виброустойчивость, то величина ускорения должна быть равной величине, установленной для испытания на виброустойчивость.

Поиск резонансных частот производят путем плавного изменения частоты при поддержании постоянного ускорения (в пределах 1–5 g) или амплитуды. В обоих случаях амплитуда перемещения не должна превышать 1,5 мм. Скорость изменения частоты при этом должна быть такой, чтобы обеспечить возможность обнаружения и регистрации резонансов.

Резонансные частоты определяют с помощью виброметров или визуально при помощи микроскопа, стробоскопа и т.п. или по измерению выходных параметров изделий.

Пример: Испытания на обнаружение резонансных частот изделий электронной техники проводят согласно ГОСТ 20.57.406. Испытание по определению резонансных частот конструкции допускается проводить на отдельных типах (типоразмерах, типономиналах) изделий, имеющих одинаковую конструкцию. При этом резонансные частоты конструкции изделий, не подвергнутых данному испытанию, определяют расчетным или графическим путем. Испытание на проверку отсутствия резонансных частот конструкции изделий в заданном диапазоне частот при определении соответствия изделий заданным требованиям не проводят, если соответствие изделий требованиям по отсутствию резонансных частот в заданном диапазоне частот обеспечивается их конструкцией, о чем должно быть указано в стандартах и ТУ на изделия. Испытание на проверку отсутствия резонансных частот конструкции изделий в заданном диапазоне частот допускается совмещать с испытанием на виброустойчивость. Данный метод используется при разработке новых конструкций перед испытаниями на воздействие вибраций. Такие испытания служат для проверки механических свойств изделий и получения исходной информации при выборе методов механических испытаний и длительности действия ударного ускорения. Резонансные частоты ЭС или их элементов определяются в трех перпендикулярных направлениях.

При определении резонансных частот аппаратура в выключенном состоянии подвергается воздействию гармонической вибрации при пониженных ускорениях в диапазоне частот. Поиск резонансных частот производят путем плавного изменения частоты при поддержании постоянной амплитуды ускорения или смещения (менее 1,5 мм). Результаты испытаний используют при выборе других методов механических испытаний. Так, если расчетная резонансная частота изделия $f_{он} > 1000$ Гц, то из механических

испытаний можно исключить испытания на ударопрочность; если $f_{он} > 2000$ Гц – то исключают испытания на удароустойчивость, $f_{он} \geq 2f_B$ – то исключают испытания на виброустойчивость.

Структурная схема устройства для определения резонансных частот пьезоэлектрическим методом имеет вид, представленный на рис. 4.1. Данный метод наиболее отработан и широко используется на практике и обеспечивает высокую точность измерений при условии, когда размеры и масса испытываемого изделия в 10 и более раз превышает размеры и массу пьезопреобразователя. При невозможности установки вибропреобразователя на изделии или с целью повышения точности измерений применяют безотказные методы измерения параметров вибрации, осуществляемых с помощью оптических или емкостных методов измерения.

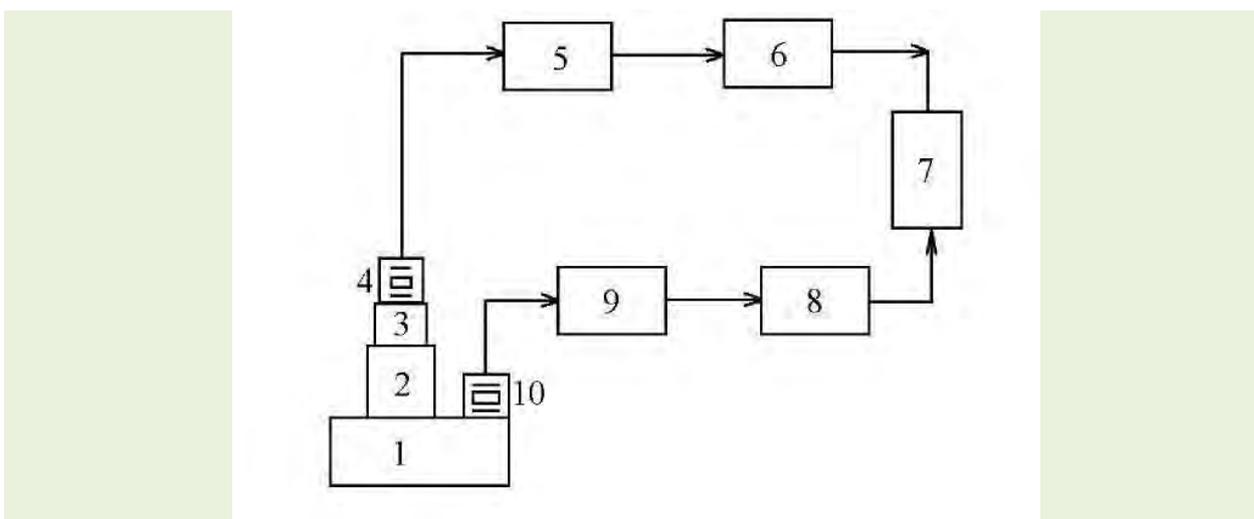


Рис. 4.1. Структурная схема устройства для определения резонансных частот пьезоэлектрическим методом:

1 – стол вибростенда; 2 – приспособление для крепления изделия; 3 – испытываемое изделие; 4, 10 – пьезопреобразователь; 5, 9 – согласующее устройство; 6, 8 – измерительное устройство; 7 – регистрирующее устройство

Испытание на виброустойчивость и вибропрочность. Испытания на вибропрочность проводят с целью проверки способности изделий противостоять разрушающему действию вибрации и выполнять свои функции при сохранении параметров после механического воздействия

в пределах значений, указанных в ТУ или ПИ на изделии. Испытания на виброустойчивость проводят с целью проверки способности ЭС выполнять свои функции и сохранять параметры в пределах значений ЭС, указанных в ТУ в условиях вибрации в заданных диапазонах частот и ускорений. Для проверки виброустойчивости выбирают такие параметры испытываемых изделий, по изменению которых можно судить о виброустойчивости, например, уровень виброшумов, искажение выходного сигнала, нестабильность сопротивлений и т.д. Изделие устанавливают на вибростенд и включают его питание. Испытания проводят путем плавного изменения частоты в заданном диапазоне. В процессе испытания производят наблюдения за параметрами изделий, критичными к воздействию вибрационных нагрузок. При обнаружении у изделий частот, на которых наблюдается нестабильность работы или ухудшение параметров, производят дополнительную выдержку на этих частотах в течение не менее 5 мин. Если испытание проводят методом качающейся частоты, дополнительную выдержку в этом случае не производят. Испытанию на вибропрочность подвергают те же образцы изделий, которые были испытаны на виброустойчивость, если такой вид испытаний предусмотрен в НТД. У изделий, прошедших испытание на виброустойчивость, проверку параметров перед испытанием на вибропрочность не проводят. Общая продолжительность испытания должна поровну распределяться между положениями изделия, при которых проводят испытания. Допускается испытывать изделия в одном наиболее опасном для них положении без сокращения продолжительности испытаний. При испытании допускаются перерывы, но при этом должна сохраняться общая продолжительность воздействия вибрации. По окончании испытания на вибропрочность проводят испытания на виброустойчивость (для изделий, проверяемых на виброустойчивость) в том же диапазоне частот.

При испытаниях применяют один из следующих методов:

- метод качающейся частоты;

- метод фиксированных частот;
- комбинированный метод;
- метод, реализующий воздействие случайной вибрации.

При испытании методом качающейся частоты непрерывно изменяют частоту во всем диапазоне от нижнего значения до верхнего и обратно по линейному логарифмическому закону. В диапазоне частот от 10 Гц до частоты перехода поддерживают постоянное ускорение, соответствующее заданной степени жесткости испытаний. В общем случае диапазон частот вибрации, амплитуда, частота перехода, ускорение, время цикла качания частоты, количество циклов и общую продолжительность испытания устанавливают в соответствии с требуемой степенью жесткости испытаний. В частных случаях продолжительность испытания может быть уменьшена. Для изделий, у которых резонансные частоты выше 200 Гц, испытание проводят, начиная с частоты 100 Гц. При этом продолжительность испытания уменьшается на время, приходящееся на диапазон до 100 Гц. Для изделий, у которых резонансные частоты лежат в диапазоне частот, соответствующем заданной степени жесткости испытаний, при ускорении испытания его проводят только в области резонансных частот.

При проведении испытания методом фиксированных частот осуществляют плавное изменение частоты в течение 1 мин в каждом поддиапазоне, на которые разбивают весь диапазон в соответствии со степенью жесткости испытаний. Затем производят выдержку на верхней частоте поддиапазона в соответствии с заданной степенью жесткости испытаний. В случае применения комбинированного метода испытания проводят до частоты 50–60 Гц методом фиксированных частот, а далее методом качающейся частоты. При этом для изделий с собственными амортизаторами следует избегать совпадения частоты, на которой производят выдержку, с резонансной частотой амортизатора. Продолжительность испытаний может быть сокращена для изделий, имеющих резонансные частоты выше 200 Гц, опуская испытания до 100 Гц.

Изделия, резонансные частоты которых превышают более чем в 1,5 раза верхнюю частоту диапазона, соответствующего заданной степени жесткости испытаний, испытывают на любой фиксированной частоте диапазона, соответствующей этой степени. В случае применения комбинированного метода испытания проводят до частоты 50–60 Гц методом фиксированных частот, а далее методом качающейся частоты.

Метод случайной вибрации наиболее полно отражает реальные условия эксплуатации. При его реализации в соответствии с заданной степенью жесткости испытаний устанавливают диапазон частот, спектральную плотность ускорения и продолжительность испытаний. При испытании происходит одновременное возбуждение всех резонансов изделия в заданном диапазоне частот, что позволяет, во-первых, определить их наличие, а во-вторых, их взаимное влияние. Ужесточение условий испытаний за счет одновременного возбуждения резонансов различных частот сокращает время испытаний по сравнению другими методами. Метод случайной вибрации применяют также при испытании изделий на виброустойчивость.

Испытание на ударную прочность. При испытаниях общее количество ударов должно поровну распределяться между положениями, при которых проводят испытание. Испытание проводят путем воздействия ударов на вибростенде или ударном стенде (рис. Д.2 приложения Д). Значение ускорения и длительность удара, а также общее количество ударов должны соответствовать степени жесткости испытаний. Форма ударного импульса, как правило, не регламентируется, но рекомендуется близкой к полусинусоиде. Частота ударов составляет 40–120 в минуту. Во время испытаний осуществляется измерение параметров удара.

По окончании испытания проводят внешний осмотр и измерение параметров изделий. По окончании испытания проводят внешний осмотр и измерение параметров изделий.

Изделия, снабженные собственными амортизаторами, а также изделия, имеющие одно эксплуатационное положение, допускается испытывать

только в эксплуатационном положении. Допускается испытывать изделия в одном наиболее опасном для него положении при сохранении общего количества ударов. Необходимость испытаний изделия под электрической нагрузкой (напряжением) должны оговариваться в НТД.

Испытание на ударную устойчивость. Методика испытаний такая же, как и при испытании на ударную прочность, за исключением общего числа ударов и числа ударов в минуту. Испытание проводят под электрической нагрузкой в режиме функционирования изделий. Изделия подвергают воздействию 20 ударов в каждом положении, при этом частота следования должна быть такой, чтобы была обеспечена возможность контроля проверяемых параметров изделия. В процессе испытания производят наблюдение за параметрами изделий, критичными к воздействию ударных нагрузок.

При совмещении испытания на ударную стойкость с испытанием на ударную прочность количество ударов определяется испытанием на ударную прочность, а контроль параметров изделий проводят в заключение испытаний на ударную прочность при воздействии не менее 20 ударов для каждого положения изделия.

Испытание на воздействие одиночных ударов. Испытание проводят на ударном стенде. Изделия, снабженные собственными амортизаторами, устанавливают на стенд на амортизаторах в эксплуатационном режиме. Необходимость проведения испытания под электрической нагрузкой должна оговариваться в НТД. В каждом положении производят воздействие трех ударов, заданной формы и величины ускорения. Как правило, рекомендуется форма импульса, близкая к полусинусоиде. Контроль параметров изделий производят в процессе испытания, если к изделиям предъявлено требование по функционированию при воздействии одиночных ударов.

Испытание на воздействие линейных (центробежных) нагрузок. Испытания проводят с помощью центрифуг. Снабженные собственными амортизаторами изделия допускается испытывать без амортизаторов при

жестком креплении. Испытание проводят при воздействии центробежного ускорения поочередно в каждом из трех взаимно перпендикулярных направлений по отношению к изделию (рис. Д.3 приложения Д). Величину ускорения устанавливают в соответствии с заданной степенью жесткости испытания относительно геометрического центра тяжести изделий. При этом разброс ускорения по изделию не должен превышать установленных значений. Скорость вращения платформы центрифуги устанавливают в соответствии с величиной ускорения и расстоянием от центра вращения платформы до геометрического центра изделия или его центра тяжести. Изделия испытывают без или под электрической нагрузкой в течение времени, необходимого для контроля параметров изделий в процессе испытания, но не менее 3 мин в каждом положении.

Испытание на воздействие акустических шумов. Испытание проводят в камере, размеры которой превышают линейные размеры испытываемых изделий не менее чем в два раза. Изделия устанавливают в камере таким образом, чтобы все наружные поверхности их испытывали воздействие звукового давления. Неравномерность звукового давления в месте предполагаемого размещения изделия в камере не должна превышать 6 дБ. Крепление изделий производят путем подвешивания их в камере или в ее рабочей зоне на пружинках или растяжках. Собственная частота подвесок с закрепленными изделиями не должна превышать 25 Гц. Изделия, имеющие не большие размеры, могут крепиться на плате, которую подвешивают на пружинах или растяжках. Крупногабаритные изделия допускается устанавливать на виброизолирующих прокладках (поролон, войлок) без крепления к платформе камеры. Испытания изделий проводят под электрической нагрузкой (напряжением), характер и параметры которой должны устанавливаться в НТД. При испытании изделия подвергают воздействию акустического шума с диапазоном частот 125–1000 Гц. В процессе испытаний проводят контроль параметров изделий. Продолжительность испытания должна быть достаточной для контроля

параметров изделий, и в случае воздействия тона меняющейся частоты должна быть не менее 30 мин.

Оборудование для механических испытаний. Механические испытания служат для определения механических свойств материалов и изделий. В зависимости от воспроизводимых, воздействующих факторов группы и вида функциональных испытаний оборудование для механических испытаний можно классифицировать следующим образом:

- машины для статических испытаний: машины для испытаний на растяжение; на сжатие (прессы); на кручение; универсальные – для испытания на растяжение, изгиб, срез, сжатие;
- оборудование для испытаний на удар и постоянное ускорение: копры маятниковые; копры с подающей платформой; устройства ударные; центрифуги; устройства линейного ускорения; платформы сейсмические;
- вибростенды для испытаний при синусоидальных колебаниях: механические; гидравлические; пневматические; электрогидравлические; электромагнитные; электродинамические; пьезоэлектрические и магнитострикционные;
- оборудование для испытаний при воздействии качки, наклона и тряски: стенд транспортной тряски; стенды для испытаний на воздействие качки и наклонов;
- оборудование испытательное для комбинированных механических испытаний – оборудование для испытаний при воздействии двух и более механических факторов.

Средства испытаний, контроля и измерений при испытаниях изделий на воздействие механических факторов должны обеспечивать возможность выполнения следующих требований:

- приложение к объекту испытаний нагрузок с точностью, указанной в НТД, при условии надежного крепления объекта испытаний к стенду (приспособлений, передающих нагрузку к объекту испытаний);

- имитацию нагрузок, установленных в НТД, во всем диапазоне их изменения с учетом установленных запасов;
- требуемое время нагружения, выдержки под нагрузкой и возможность регулирования нагрузок;
- воспроизведение и поддержание (либо отключение при возникновении ситуации) режимов нагружения;
- измерение деформаций, перемещений или других необходимых параметров с требуемой точностью;
- установку (закрепление) датчиков и средств измерений на объектах испытаний и при необходимости на стенде;
- обеспечение при необходимости термокомпенсации элементов системы измерений, если различные элементы конструкции объекта испытаний при определении зависимости напряжений, деформаций или перемещений от нагружения имеют различные температуры, разность которых превышает 5 °С;
- установку кинокамер, подключение средств связи, звуковой и визуальной сигнализации (при необходимости);
- возможность многократного использования стендов, унифицированных сборочных единиц и деталей оснастки, а также приспособлений и устройств;
- установку устройств, исключающих возможность выхода из строя стендов из-за ошибок оператора (персонала), а также защищающих от внешней сети электропитания;
- безопасность при проведении монтажа, испытаний, демонтажа.

Оснастка, используемая при испытаниях, не должна препятствовать деформациям (вплоть до разрушения) объекта испытания при его нагружении. Средства измерений, контроля и регистрации должны обеспечивать получение достоверной информации о нагружении и состоянии объекта испытаний. Характеристики чувствительных элементов, устанавливаемых на объекте испытаний с целью контроля его состояния,

должны быть согласованы с характеристиками передающей и принимающей сигналы аппаратуры и обеспечивать получение и регистрацию необходимой информации с требуемой точностью. Кабельные соединения и отдельно выполненные устройства, входящие в качестве элементов электрических цепей в схемы измерения параметров объекта испытаний, не должны приводить к изменению заданного режима нагружения (измерения) и влиять на результат измерения.

Средства измерений и регистрации информации об изделии, которые устанавливаются на объекте испытаний для измерения контролируемых характеристик изделия, подвергаемого воздействию вибрации, ударов или акустических нагрузок, должны быть защищены при помощи системы амортизации или другой защиты от указанных нагрузок. Для проведения испытаний на механические ВВФ необходимо специальное испытательное оборудование, позволяющее искусственно воспроизвести механические воздействия и измерять основные параметры.

Для искусственного создания вибрации с целью испытаний пользуются вибраторами, которые соединяются со специальной платформой (столом), предназначенным для установки на нем испытываемого изделия. Получившиеся таким образом устройства называют вибрационными стендами. Вибраторы различаются следующими показателями:

- видом создаваемой вибрации (линейная или угловая);
- направлением действия вибрации (однокомпонентная – прямолинейная вибрация в вертикальном или горизонтальном направлении, двухкомпонентная – круговая вибрация в вертикальной или горизонтальной плоскости, трехкомпонентная);
- формой создаваемой вибрации (гармонические синусоидальные колебания, бигармонические – два синусоидальных колебания с разными частотами, импульсные, по специальной программе и т.д.);
- видом энергетического привода (механический, электрический, пневматический и электрогидравлический).

Измерение параметров механических колебаний чаще всего производится приборами, обеспечивающими непосредственный отсчет колебательных величин или регистрирующими мгновенные значения во времени (записывающими виброграмму). Виброграммы могут быть получены с помощью шлейфовых и электронных осциллографов, магнитофонной и киноаппаратуры, а также другими средствами.

Виброграммы, помимо наглядного представления о колебательном процессе, позволяют после графической или расчетной обработки получить данные обо всех интересующих нас параметрах вибрации.

Большинство современных виброизмерительных приборов основано на превращении механических колебаний в электрические, что позволяет производить дистанционную запись и измерение параметров механических колебаний. При этом в месте расположения источника вибрации располагают чувствительный элемент, воспринимающий вибрацию и называемый датчиком или вибродатчиком. Современные виброизмерительные приборы могут классифицироваться по ряду признаков.

Остановимся кратко на классификации наиболее широко применяемых виброизмерительных приборов.

По роду измеряемых компонентов вибрации различают:

- виброметры для измерения линейных компонентов и
- торсиометры для измерения угловых компонентов.

Виброметры бывают одно-, двух- и трехкомпонентные.

По измеряемому параметру различают:

- частотомеры;
- виброметры, предназначенные для измерения амплитуды колебательного процесса (собственная частота колебаний колебательной системы виброметра должна быть ниже всех частот спектра измеряемых колебаний);
- велосиметры, предназначенные для измерения скоростей колебаний;

- акселерометры, предназначенные для измерения ускорений при колебательном процессе, вся частота спектра которого ниже его собственной частоты колебаний;

- спектрометры;
- фазометры;
- измерители линейных искажений и т.д.

По принципу преобразования механических колебаний в другие виды колебаний для их измерения или записи различают:

- механические для непосредственных измерений;
- оптические;
- пьезоэлектрические;
- электродинамические;
- емкостные;
- омические.

Помимо перечисленных признаков, приборы могут различаться по габаритным размерам, массе, способу установки, виду индикации результатов измерений и т.д. Для оценки свойств испытываемых изделий целесообразно использовать измерительную аппаратуру, представляющую собой линейные преобразователи, обладающие достаточно высокой чувствительностью и имеющей линейные амплитудную и фазочастотную характеристики. Одним из основных и наиболее широко осуществляемых видов испытаний на механические воздействия являются вибрационные испытания. Различают два основных метода проведения этих испытаний на воздействие одночастотного синусоидального колебания:

- метод фиксированных частот;
- метод качающейся частоты.

При методе фиксированных частот контроль за работой изделия и измерение необходимых параметров производят при плавном изменении частоты в каждом из диапазонов. Особое внимание при этом обращают на обнаружение у изделий резонансных частот, на которых амплитуда

колебаний испытываемого изделия (или отдельных его элементов) будет в 2 раза и более превышать амплитуду колебаний точек крепления. В случае обнаружения резонансных частот или частот, на которых наблюдается ухудшение параметров, рекомендуется дополнительная выдержка изделия при вибрации с данной частотой с целью уточнения и выявления причин несоответствия. Рекомендуется выдерживать изделие на высшей частоте каждого поддиапазона. Продолжительность выдержки устанавливается в соответствии с программой испытаний (ПИ) или техническими условиями, но при испытаниях на виброустойчивость она должна быть не менее 5 мин, а при испытании на вибропрочность она может составлять от 1 до 10 ч при длительном воздействии и от 20 до 50 мин при кратковременном. Если за время испытаний не было обнаружено никаких нарушений и все параметры соответствовали требованиям ПИ и технических условий, то изделие признается выдержавшим испытания.

Метод качающейся частоты характерен тем, что в зависимости от установленной для испытаний степени жесткости производится плавное изменение частоты сначала в сторону увеличения, а затем уменьшения. Время прохождения диапазона частот в одном направлении, а также продолжительность испытаний определяются по специальным таблицам.

Характерной особенностью испытаний, проводимых с целью выявления нарушений в технологическом процессе производства, является их кратковременность. В случае отсутствия резонансных явлений в диапазоне частот, испытания можно проводить на одной или нескольких фиксированных частотах. Указанные испытания могут проводиться по любой методике, но с сокращенной продолжительностью. Иногда виброиспытания осуществляют непосредственно в процессе производства.

Пример: На конвейере регулировки телевизионных приемников осуществляют испытания на вибропрочность. Параметры вибрации телевизора: частота вибрации 25–35 Гц, амплитуда вибрации 2,1 мм, вибрационное ускорение 2,0–2,5 g, продолжительность вибрации 60 с.

В процессе испытаний не должно полностью прекращаться звуковое сопровождение, исчезать изображение таблицы и раstra на экране, а также отключаться телевизор от питающей сети.

Для определения способности изделий противостоять разрушающему действию вибрации, возникающей при транспортировании, проводят испытания на вибропрочность при длительном воздействии одним из рассмотренных выше методов. Для испытаний на прочность при транспортировании пользуются специальными установками. Особый интерес представляют вибрационные испытания на повреждающую нагрузку, характеризующиеся тем, что испытываемое изделие доводится до разрушения. По результатам испытаний строят кривые зависимости повреждающего воздействия (в единицах ускорения $-g$) от частоты, которые называют кривыми повреждений. Пользуясь кривыми повреждений, можно выявить конструктивные недостатки изделий, определить их резонансные частоты и оценить стойкость конструкции к воздействию вибрации. Испытания на виброустойчивость проводят методом фиксированных частот, а испытания на вибропрочность – методами фиксированных или качающихся частот. Недостатком указанных методов является то, что в каждый данный момент времени на изделие воздействуют одночастотные синусоидальные колебания, а не спектр частот, как при реальных условиях эксплуатации. В настоящее время часто проводятся испытания на воздействие многочастотной синусоидальной вибрации на случайную вибрацию и на сочетание случайной и синусоидальной вибраций. Эти методы позволяют лучше выявить возникновение резонансных явлений в испытываемых изделиях, а также более быстро и качественно обнаружить нарушения в технологическом процессе. При испытаниях на воздействие вибрационных нагрузок решают обычно следующие вопросы:

- подвергать ли испытаниям готовое изделие или его отдельные элементы;

- какое минимальное количество измерительных точек следует выбирать и как их расположить для оценки распределения виброперегрузок в изделии;

- каким вибрационным оборудованием следует пользоваться и т.д.

Для создания вибрации, характеризующейся различными параметрами, разработано большое количество типов вибрационных установок и стендов, построенных на различных принципах.

Вибростенды принято оценивать следующими основными параметрами:

- номинальной грузоподъемностью или максимально допустимым весом;

- испытательным диапазоном частот;

- максимальным ускорением при номинальной грузоподъемности;

- максимальной амплитудой смещения при номинальной грузоподъемности и минимальной частоте;

- формой колебаний;

- коэффициентом нелинейных искажений;

- по размерам рабочей площади стола.

Наибольшее применение имеют вибростенды, использующие механические и электрические приводы.

Механические вибрационные стенды используются главным образом двух типов: центробежные и кривошипно-шатунные (эксцентрикковые).

В комплект центробежной виброиспытательной установки входят: вибростенд, электропривод, оптический прибор для замера амплитуды и электрошкаф. В электрошкафу и на его передней панели смонтированы электрооборудование установки, состоящее из системы включения и выключения установки, выпрямителя для питания электродвигателя и схемы плавного регулирования его скорости, а также приборов управления и сигнализации.

Вибрация рабочего стола (платформы) центробежного (инерционного) вибростенда возникает под действием результирующей центробежной силы, создаваемой двумя стальными секторами (дисбалансами), вращающимися в противоположные стороны на параллельных валах. Из электрических вибростендов наиболее широкое применение получили электродинамические вибростенды. Принцип их действия основан на том, что при протекании тока звуковой частоты по обмотке подвижной катушки, находящейся в постоянном магнитном поле, возникает сила, заставляющая подвижную катушку и связанный с ней стол совершать колебания с частотой тока в обмотке катушки.

Вибраторы, использующие электродинамический принцип, позволяют получить вибрацию с частотой до 20 кГц и выше. Однако чем выше частота, тем меньше амплитуда колебаний. На электродинамических стендах нельзя получить на высоких частотах больших амплитуд колебаний, так как это требует значительного увеличения мощности звукового генератора.

Следует иметь в виду, что вибростенды являются объектами повышенной опасности из-за наличия цепей с напряжением свыше 1000 В, наличия вибрации, шумов вибратора на различных частотах уровнем до 100 дБ. Операторы должны работать в диэлектрических перчатках, их рабочие места должны быть оборудованы диэлектрическими ковриками.

Цель испытаний на ударную нагрузку – оценка прочности и устойчивости изделий. При этих испытаниях проверяют способность изделий выдерживать разрушающее воздействие ударов и продолжать функционировать нормально после их прекращения. Испытания на ударную устойчивость дают возможность оценить способность изделия выполнять свои функции при воздействии ударных нагрузок. Данные испытания проводятся с помощью специальных установок, основными параметрами которых являются: максимальная грузоподъемность, максимальное ускорение, продолжительность непрерывной работы, число ударов в минуту, длительность импульса ударов, размеры рабочего стола и допустимые

разбросы параметров ударных ускорений. Существующие установки должны обеспечивать возможность получения числа ударов от 20 до 120 в минуту с ударными ускорениями от 0 до 500 g и с соответствующими длительностями импульсов удара от 100 до 0,5 м/с. При этом отклонения от установленных значений в течение 1 ч работы не должны превышать по частоте ударов $\pm 5\%$, по ударному ускорению $\pm 10\%$ и по длительности ударного импульса $\pm 15\%$. Для испытаний на ударные нагрузки используются механические и электродинамические стенды и установки. Благодаря относительной простоте конструкции наибольшее распространение получили ударные механические установки, в которых ударные ускорения создаются в вертикальном направлении при ударе свободно падающего стола об упругие наковальни. Испытания на воздействие одиночных ударов могут производиться с помощью трех основных типов оборудования: устройств с вертикальным сбрасыванием по направляющим, устройств (стендов) со свободным падением и копров маятникового типа. Устройство с вертикальным сбрасыванием по направляющим конструктивно обычно выполняется в виде каретки, свободно перемещающейся вверх и вниз между двумя вертикальными стальными стойками по роликам. Испытываемое изделие закрепляют на каретке и потом вручную или подъемником с приводом поднимают вверх. Устройство данного типа является простым и обеспечивает возможность хорошего контроля положения изделия до и во время удара. Основным недостатком является то, что при перемещении каретка может заедать, приводя к ложным эффектам.

Копры маятникового типа основаны на использовании силы инерции массы молота, прикладываемой к испытываемому изделию. Работа копра маятникового типа заключается в том, что маятник поднимается на угол, равный $160\text{--}180^\circ$, в верхнее исходное положение и удерживается там защелкой. На опоры устанавливают неподвижное основание, к которому крепят испытываемое изделие. После освобождения защелки маятник падает на основание, передающее силу удара изделию. Запасенная маятником

энергия E , равная произведению его веса на расстояние от оси качания до центра тяжести, частично расходуется при ударе по основанию с изделием, а частично затрачивается на отскок E_1 маятника. Величина энергии удара $E_{уд}$, воздействующего на изделие, определяется как разность между первоначальным запасом энергии E и фиксируемой энергией отскока E_1 .

$$E_{уд} = E - E_1.$$

Для получения различных запасов энергии маятник может иметь несколько сменных грузов (молотов) различного веса. Измерение энергии отскока производится по шкале специального отсчетного механизма копра. Каждому весу груза соответствует определенная шкала. Преимущества маятниковых копров заключаются в отсутствии направляющих искажающих результаты измерений. Основные недостатки – сложность конструкции и необходимость использования оптических измерений скорости падения.

4.4.3 Климатические испытания

Основными видами климатических испытаний являются испытания:

- на воздействие повышенной температуры среды;
- на воздействие пониженной температуры среды;
- на воздействие смен температур среды;
- на воздействие повышенной влажности воздуха;
- на воздействие атмосферного пониженного давления;
- на воздействие атмосферного повышенного давления;
- на динамическое воздействие пыли (песка);
- на статическое воздействие пыли (песка);
- на воздействие солнечного излучения;
- на воздействие соляного тумана.

Отдельные виды испытаний могут воспроизводиться одновременно, например методы испытаний на воздействие:

- повышенной влажности и изменения температуры среды;

- пониженной температуры, пониженного атмосферного давления и повышенной влажности среды.

Существуют другие виды климатических испытаний, которые в ряде случаев требуют специального оборудования.

Испытание на воздействие повышенной температуры среды.

Испытание проводят в камере тепла (рис. Д.4 приложения Д). Изделия помещают в камеру, после чего в камере устанавливают заданную повышенную температуру или изделия помещают в камеру с заранее установленной повышенной температурой. Затем изделия выдерживают в камере до достижения теплового равновесия и в течение времени, установленного в НТД. При этом тепловыделяющие изделия испытывают двумя способами. При первом способе достижение заданного температурного режима изделий определяют по температуре в камере. При втором способе достижение заданного температурного режима изделий определяют по температуре участка (узла) изделия, который имеет наибольшую температуру или является наиболее критичным для работоспособности изделия.

Измерение параметров испытываемых изделий в случае необходимости производят после достижения теплового равновесия безизвлечения из камеры. Если измерение параметров без извлечения изделий из камеры невозможно, то допускается проводить измерение параметров после извлечения изделий из камеры в течение времени, установленного в НТД.

Испытание на воздействие пониженной температуры среды.

Испытание проводят в камере холода, которая должна обеспечивать испытательный режим с отклонениями, не превышающими указанные в НТД. Изделия помещают в камеру, после чего устанавливают нижнее значение температуры в соответствии с НТД. Измерения параметров изделия производят так же, как и при испытании на воздействие повышенной температуры.

Испытание на воздействие смен температур среды. Испытание проводят одним из следующих методов:

- метод, реализующий быструю смену температур;
- метод, реализующий медленное изменение температуры;
- метод, обеспечивающий воздействие смен температур на изделия с выделением тепла.

Испытание на воздействие повышенной влажности воздуха. Испытания изделий на воздействие влажности проводятся в соответствии со степенью жесткости испытаний. По длительности они разделяются на длительные и ускоренные. Как длительные, так и ускоренные испытания проводятся в циклическом режиме (режиме с конденсацией влаги) или в непрерывном режиме (режиме без конденсации влаги). Измерение параметров и другие проверки изделий проводят, как правило, в конце испытания без извлечения изделия из камеры.

Испытание на воздействие пониженного атмосферного давления. Испытания не греющихся и греющихся изделий, для которых нагрев при нагрузке, нормированной для пониженного атмосферного давления, не является критичным, проводят при нормальной температуре испытаний. Испытания при нормальной температуре проводят следующим образом. Изделие устанавливают в барокамеру и плавно уменьшают в ней давление до значения, указанного в НТД. Испытания при повышенной температуре проводят двумя методами. При реализации первого метода изделия помещают в термобарокамеру, температуру в которой доводят до заданного значения, одновременно на изделия подают заданную электрическую нагрузку. При реализации второго метода изделия помещают в термобарокамеру с установленными на них датчиками температуры. Температуру изделий и давление в камере доводят до заданных значений температуры и давления при эксплуатации. Затем на изделия подают электрическую нагрузку.

Испытание на воздействие повышенного давления. При испытании изделие помещают в барокамеру, давление в которой доводят до заданного значения, и выдерживают при этом давлении в течение установленного времени. Давление в камере плавно понижают до нормального, после чего изделия извлекают из камеры, подвергают внешнему осмотру и, если это указано, производят проверку параметров.

Испытание на динамическое воздействие пыли. Испытание проводят с целью проверки устойчивости изделий к разрушающему (абразивному) воздействию пыли, а также проверки пыленепроницаемости изделий или их работоспособности в условиях воздействия пыли в среде с повышенной концентрацией пыли (в зависимости от того, какое требование предъявляется). При испытании изделия его помещают в камеру пыли и располагают таким образом, чтобы воздействие пыли наиболее соответствовало бы возможному воздействию пыли в условиях эксплуатации. По окончании испытания изделия извлекают из камеры и производят внешний осмотр. При испытании на пыленепроницаемость удаляют пыль с наружных поверхностей изделия, вскрывают изделия и облучают ультрафиолетовым светом для выявления пыли, проникшей внутрь изделий.

Испытания на статическое воздействие пыли. Испытания проводят с целью проверки пыленепроницаемости изделий или с целью проверки их работоспособности в среде с повышенной концентрацией пыли. Изделия помещают в камеру пыли и располагают таким образом, чтобы воздействие пыли соответствовало бы возможному воздействию пыли в условиях эксплуатации. По окончании испытания изделия извлекают из камеры и производят внешний осмотр. При испытании на пыленепроницаемость удаляют пыль с наружных поверхностей изделий, вскрывают и облучают ультрафиолетовым светом для выявления пыли, проникшей внутрь изделий.

Испытание на воздействие солнечной радиации. Испытания проводят с целью проверки сохранения внешнего вида изделий или их

отдельных узлов и деталей, а также проверки их параметров после воздействия солнечной радиации. Облучение изделий, узлов или деталей производят в камере солнечной радиации источниками света по спектральному составу и интенсивности близкого к солнечному свету. По окончании испытания изделия вынимают из камеры и производят их внешний осмотр и сравнение с образцами, не подвергавшимися облучению, а также измерение параметров, если это предусмотрено в НТД.

Испытание на воздействие соляного тумана. Испытания проводят с целью определения коррозионной стойкости изделий в атмосфере, насыщенной водными растворами солей. По окончании испытания изделия очищают и производят внешний осмотр в отношении образования коррозии.

Испытание на грибоустойчивость. Испытания проводят с целью определения способности изделий, деталей или узлов противостоять развитию грибковой плесени. При испытаниях изделия помещают в камеры грибообразования (рис. Д.5 приложения Д) или эксикаторы. Вместе с изделиями ставят контрольную чашку Петри с питательной средой. Через 48 часов производят осмотр чашек Петри. Должен наблюдаться рост плесневых грибов. Испытания проводят в течение 30 суток. После испытаний изделия извлекают из камеры и подвергают визуальному осмотру в отношении выявления плесневых грибов.

Испытания на воздействие повышенной влажности и изменения температуры среды. Испытания проводят в камере влажности, обеспечивающей изменения температуры в заданном диапазоне, или в двух камерах влажности, в которых за ранее устанавливается необходимый температурно-влажностный режим.

Проводят необходимые измерения параметров изделий в нормальных условиях, после чего изделия размещают в камере в соответствии с требованиями, предусмотренными в методиках на испытания по воздействию повышенной влажности. Относительную влажность в камере повышают до $(95 \pm 3) \%$ при температуре $25 \text{ }^\circ\text{C}$. С момента установления

этого режима начинается отсчет времени в каждом цикле испытаний. В первой части цикла изменяют температуру от 25 до 65 °С и обратно в циклическом режиме. При повышении температуры до 65 °С и выдержке при этой температуре относительная влажность поддерживается в пределах $(93 \pm 3) \%$, При понижении температуры до 25 °С относительная влажность поддерживается в пределах 80–96 %, а во время выдержки при температуре 25 °С относительная влажность поддерживается в пределах $(93 \pm 3) \%$.

Во второй части цикла температуру в камере снижают до минус $(10 \pm 2) \text{ } ^\circ\text{C}$ или другого значения, указанного в НТД. Выдерживают изделие при данной температуре в течение 3 часов. В этом режиме влажность можно не контролировать. Затем температуру повышают до 25 °С и устанавливают относительную влажность $(93 \pm 3) \%$. Этой операцией заканчивается 1-й цикл испытаний. Проводят несколько циклов испытаний. Причем в некоторых циклах отрицательную температуру не воспроизводят, а вместо этого изделие выдерживают при температуре 25 °С и относительной влажности $(93 \pm 3) \%$. В конце последнего цикла при выдержке при температуре 25 °С и относительной влажности $(93 \pm 3) \%$ проводят измерения параметров изделий. После извлечения изделий из камеры их выдерживают в нормальных условиях в течение заданного времени, проводят внешний осмотр и заключительные измерения параметров изделий.

Испытание на воздействие пониженной температуры, пониженного атмосферного давления и повышенной влажности среды. Испытания проводят в барокамере, обеспечивающей одновременное воздействие низкой температуры и пониженного атмосферного давления в необходимых диапазонах и имеющей систему подачи пара в рабочий объем или систему генерирования пара внутри рабочего объема, или в термовлагодбарокамерах, обеспечивающих воспроизведение заданных режимов испытаний. Изделия считают выдержавшими испытания, если в процессе и после испытаний они удовлетворяют требованиям, установленным в НТД.

Изделие устанавливают в камеру в соответствии с требованиями, предусмотренными при испытании на раздельное воздействие воспроизводимых факторов. После выдержки в нормальных условиях проводят измерение параметров изделия.

Температуру воздуха в камере понижают до рабочего или предельного значения пониженной температуры. Скорость снижения температуры не должна превышать $1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{мин}$. Изделие выдерживают при пониженной рабочей или предельной температурах до установления температуры по всему объему. Если испытания проводят при рабочем значении пониженной температуры, изделие включают и после достижения теплового равновесия проводят измерение параметров. После чего изделие выключают. При постоянном заданном значении пониженной температуры давление в камере снижают до рабочего (предельного) значения. Если испытание проводят при рабочем значении пониженного атмосферного давления, изделие включают и производят измерения параметров, указанных в НТД для испытания на воздействие пониженного атмосферного давления.

Температуру в камере повышают до $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Время повышения температуры не должно превышать 1 часа. Одновременно с повышением температуры в камеру должен поступать пар (или генерироваться внутри нее) со скоростью, достаточной для образования инея на изделиях, и до тех пор, пока относительная влажность не достигнет $(95 \pm 3)\%$. На этапе повышения температуры (после достижения $0\text{ }^{\circ}\text{C}$) давление в камере повышают до нормального значения за время 15–30 мин.

Установившийся режим в камере (температура $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, относительная влажность $(95 \pm 3)\%$, нормальное атмосферное давление) поддерживают в течение времени, оговоренного в НТД. После чего изделие включают и при достижении температурного равновесия измеряют их параметры, указанные в НТД. На этом заканчивается первый цикл испытаний. Количество циклов испытаний устанавливают исходя из конкретных условий эксплуатации, целей и задач испытаний. Изделия считают выдержавшими испытания, если

в процессе и после испытаний они удовлетворяют требованиям, установленным в НТД.

Оборудование для климатических испытаний. Испытания на воздействие климатических факторов проводят для проверки работоспособности и сохранения внешнего вида изделия в пределах, установленных в нормативно-технической документации, после воздействия климатических факторов.

Изделия испытывают, как правило, в искусственно создаваемых условиях с помощью специального оборудования, а при не возможности создания требуемых условий изделия испытывают в реальных условиях эксплуатации – на полигонах, климатических станциях. Если составные части изделия при эксплуатации находятся в неодинаковых условиях, их испытывают отдельно в соответствии с условиями эксплуатации каждой составной части. В зависимости от воспроизводимых воздействующих факторов и вида функциональных испытаний испытательное оборудование для испытаний на воздействие климатических факторов можно классифицировать следующим образом:

- оборудование для испытаний на воздействие атмосферного давления – это камеры избыточного атмосферного давления, камеры пониженного атмосферного давления, камеры бароудара;
- оборудование для испытаний на воздействие температур – это камера тепла, камера холода, камеры тепла и холода, камеры термоциркулирования;
- оборудование для испытаний на воздействие влажности, осадков – это камеры повышенной относительной влажности, камеры пониженной относительной влажности, камеры влажности, камеры соляного тумана, камеры дождя;
- оборудование для испытаний на воздействие песка, пыли – это камеры песка и пыли;

- оборудование для комбинированных климатических испытаний – это оборудование, воспроизводящее два и более климатических фактора.

Применяемые средства испытаний, контроля и измерений должны иметь характеристики, соответствующие требованиям ТНПА на изделие, испытательные режимы и необходимую точность измерения создаваемых режимов и контролируемых параметров изделия. Годность указанных средств должна быть подтверждена сопроводительными документами или клеймами. Они должны быть аттестованы или проверены в установленном порядке.

Средства испытаний должны быть снабжены устройствами, исключающими возможность выхода их из строя из-за ошибок операторов, а также защищающими испытуемое изделие от появления наводок и помех от внешней сети электропитания. Камеры должны обеспечивать:

- создание и поддержание заданных режимов испытаний;
- запись (регистрацию) режимов, воспроизводимых камерой, и возможность подключения внешних записывающих устройств;
- возможность подключения внешних измерительных приборов или установок автоматического и ручного измерения контролируемых параметров испытуемых изделий без извлечения их из камер;
- свободный допуск к контрольно-измерительным приборам;
- безопасность при проведении монтажа, испытаний, демонтажа.

Камеры должны быть снабжены устройствами аварийной сигнализации (звуковой и световой) и автоматического отклонения их при выходе из испытательных режимов за установленные пределы. Кабельные соединения и отдельно выполненные устройства, входящие в качестве элементов электрических цепей в схемы измерения параметров изделий, не должны приводить к изменению заданного режима испытания (измерения) и влиять на результат измерения.

Для испытаний на теплоустойчивость применяют специальные камеры тепла или комбинированные камеры – термобарокамеры, термовлагокамеры.

На рис. 4.2 приведена функциональная схема универсальной установки для испытаний изделий и материалов на воздействие температуры и влажности. Установка предназначена для создания искусственного климата с целью испытаний в изолированных климатических условиях материалов и изделий. В камере предусматривается возможность испытаний изделий и материалов на воздействие ультрафиолетового или инфракрасного излучений.

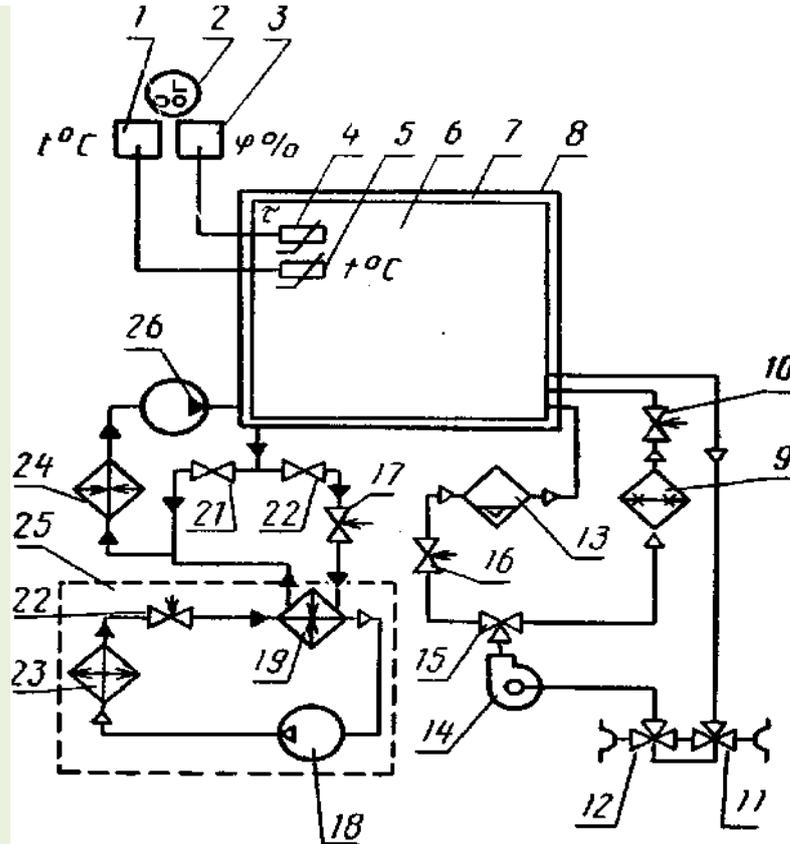


Рис. 4.2. Климатическая камера:

1 – автоматический регулятор температуры; 2 – контактные часы; 3 – автоматический регулятор температуры точки росы; 4 – преобразователь температуры точки росы; 5 – преобразователь температуры; 6 – объем для испытаний; 7 – циркуляционные каналы; 8 – обшивка камеры; 9 – увлажнитель; 10 – регулирующий вентиль увлажнения воздуха; 11, 12 – регулирующий клапан; 13 – осушитель; 14 – центробежный вентилятор; 15 – клапан; 16 – регулирующий вентиль осушения воздуха; 17 – регулирующий вентиль степени охлаждения; 18 – компрессор; 19 – испаритель холодильной машины; 20, 21 – электромагнитные вентили охлаждения и нагрева; 22 – регулирующий вентиль; 23 – конденсатор; 24 – теплообменник; 25 – холодильная машина; 26 – плунжерный насос

Система регулирования климатической камерой позволяет включать камеру в работу и выбирать автоматическое или ручное управление нажатием на соответствующую кнопку. Все дальнейшие операции управления и регулирования выполняются автоматически командными устройствами. Кроме того возможно индивидуальное включение или отключение отдельных агрегатов и узлов для контроля или выполнения специальных задач. Наличие автоматики повторного включения позволяет после ликвидации нарушения в электрической сети либо продолжить работу камеры по заданной программе, либо отключить ее. Такая автоматика необходима при работе камеры без надзора. За всеми операциями и рабочим состоянием важнейших агрегатов наблюдают по светящемуся табло. Температура в камере создается косвенным методом при помощи жидкости с большой теплоаккумулирующей способностью (этиленгликоль), которая автоматически нагревается или охлаждается вне объема испытания и циркулирует в каналах 7 между внутренней и наружной стенками объема испытания. Этот метод позволяет не только получать постоянную температуру но и равномерно распределять температуру во всем объеме испытаний. Стабильность температуры во время испытаний $\pm 0,2$ °С. Этиленгликоль нагревается в теплообменнике 24 или охлаждается

в холодильной батарее при помощи испарителя 19 холодильной машины. Плунжерным насосом 26 этиленгликоль нагнетается в систему каналов в стенках камеры; из каналов он поступает к электромагнитным вентилям 21 (нагрев) или 20 (охлаждение) в зависимости от знака отклонения температуры от заданного значения. Для повышения точности регулирования в линию циркуляции этиленгликоля включают регулирующий ventиль 17, управляемый вручную для изменения степени охлаждения. Мощность электронагревателя теплообменника 24 можно регулировать изменением напряжения, поступающего к нагревателю.

Воздух засасывается вентилятором 14 через фильтр и магнитные ventили 11, 12 и через клапан 15 подается в увлажнитель 9 или осушитель 13. Ventили 10 и 16 являются соответственно также регуляторами осушения или увлажнения. Использование принципа увлажнения воздуха путем испарения воды исключает попадание капель воды в объем испытания. Осушение производится охлаждением воздуха до температуры точки росы. Осушенный воздух направляется в воздушный канал стенки камеры, где нагревается до температуры воздуха в камере и поступает в рабочий объем камеры. Таким образом, поступающий в объем испытания воздух предварительно осушается либо увлажняется, а также нагревается или охлаждается до требуемых параметров испытаний.

Рассмотрим принцип действия камер для испытаний на тепловой удар с жидкими ваннами. Камера имеет две зоны (ванны) испытаний для низких и высоких температур, в качестве теплопередающей жидкости используется чаще всего силиконовое масло. Низкотемпературная и высокотемпературные ванны снабжены пропеллерными мешками. Предельная температура при испытаниях от +50 °С до +200 °С и от -65 °С до 0 °С при колебании температур $\pm 1,0$ °С. Время нагрева ванны от комнатной температуры до +200 °С около 40 мин, а охлаждения от комнатной температуры до -65 °С около 50 мин.

На рис. Д.6 приложения Д показана компоновка основных узлов и элементов данного типа камеры. Наружная обшивка камеры – из холоднокатаной листовой стали с антикоррозионной обработкой, внутри – нержавеющая листовая сталь. Охлаждение в низкотемпературной ванне производится трубчатыми испарителями 1, нагрев в высокотемпературной зоне – трубчатыми электронагревателями 4 (ТЭН). Камера снабжена холодильным компрессионным герметичным агрегатом мощностью 1,5 кВт, расположенным в машинном отделении 5. Для перемещения корзин из одной зоны в другую в испытательной зоне имеется поворотная крышка 2, ванны снабжены пропеллерными мешалками 7, на передней панели сверху расположен пульт управления, внизу – дверки отстойника и смотровые устройства для контроля уровня жидкости.

Для испытаний изделий на влагостойкость, брызгозащищенность, водонепроницаемость, т.е. на воздействие влаги, используются специальные установки – камеры влаги, дождя и др. В качестве примера рассмотрим некоторые основные технические характеристики отечественной камеры дождя КД-1М. Камера предназначена для испытания изделий на брызгозащищенность (воздействие искусственного дождя) и на водонепроницаемость в питьевой воде. Она рассчитана на эксплуатацию в закрытом помещении с температурой окружающей среды $(+25 \pm 10) ^\circ\text{C}$, относительной влажностью $(65 \pm 15) \%$, атмосферным давлением (750 ± 30) мм рт. ст.

В последнее время широкое применение нашло увлажнение воздуха путем циркуляции его через специальное увлажнительное устройство. Этот способ дает возможность создавать переменные температуры при необходимой влажности воздуха в период испытания. Увлажнительное устройство обычно располагают вне камеры. В увлажнителе воздух либо смешивается с водой, распыляемой форсунками, либо барботируется через слой воды.

Распылять воду можно механическим путем. В этом случае теплый воздух, нагретый при прохождении через электронагреватели, попадает в распылитель, представляющий собой резервуар, заполненный водой до определенного уровня. Зубчатый диск, вращающийся от электродвигателя, касаясь поверхности воды, захватывает ее и распыляет до мельчайших капель, которые, проходя через электронагреватель, испаряются и увлажняют воздух, поступающий в камеру.

Циркуляция подогретого и увлажненного воздуха осуществляется центробежным вентилятором.

В барботажной системе подведенный в испытательную камеру воздух, предварительно тонко распыленный, продувается через подогретую воду, обогащаясь водяными парами почти до насыщения.

Для климатических камер больших габаритных размеров эти способы слишком трудоемки и имеют малый коэффициент полезного действия (КПД). Поэтому в камеру большого объема подают водяной пар. Для лучшего его распределения водяной пар подают через канал наружного воздуха или через циркуляционный канал. Этот способ позволяет проводить испытания на воздействие тропических условий. Следует отметить, что данный способ является наиболее жестким, так как оказывает наибольшее воздействие на изделия. Это объясняется нагревом испытуемых изделий путем передачи тепла изделиям при конденсации пара на их поверхности.

Широкое применение в больших камерах нашло увлажнение воздуха с помощью форсунок, нагрева и испарения.

Увлажнение воздуха в увлажнителе происходит следующим образом. При помощи центробежного насоса из бачка забирается подогретая вода (подогрев воды при установившемся процессе прекращается), которая затем распыляется форсунками-распылителями и увлажняет подогретый воздух, поступающий из камеры. Вода, не испарившаяся в увлажнителе, задерживается особыми ловушками и стекает в бачок увлажнителя. Необходимый уровень воды в бачке (примерно $\frac{2}{3}$ его высоты)

поддерживается автоматически при помощи поплавкового реле, а температура и относительная влажность воздуха – при помощи регулирующих электронных самописцев.

Закрытый способ увлажнения воздуха позволяет регулировать содержание влаги и температуры в камере путем изменения циркулирующего увлажненного воздуха в замкнутом объеме и степени его подогрева.

Для получения требуемых влажности и температуры воздуха, а также для удобства их изменения по заданной программе целесообразно увлажнять и подогревать воздух путем рециркуляции в замкнутом объеме.

Для исключения конденсации влаги в камере требуется, чтобы температура стенок и потолка камеры была такой же, как у воздуха в камере или даже на 1–2 °С выше. Поэтому нагрев путем циркуляции горячего воздуха в рубашке камеры более целесообразен.

Если во время перехода на нижнюю ступень температуры должна сохраняться высокая относительная влажность воздуха, то абсолютную влажность следует уменьшить. Таким образом, воздух нужно подсушить. Простейшее подсушивание осуществляется подачей наружного воздуха, так как он в обычных климатических условиях практически всегда имеет меньшую абсолютную влажность, чем во влажных и тепловых климатических условиях в испытательной камере. Дополнительное подсушивание производится обычно испарением или вымораживанием воды.

Другой способ состоит в том, что водяной пар извлекают из воздуха путем абсорбции при помощи силикагеля.

4.4.4 Комплексные испытания

Под комплексным испытанием изделий (или испытанием изделий на комплексное воздействие внешних факторов) понимается испытание

изделий в условиях одновременного воздействия нескольких внешних факторов.

В реальных условиях внешние факторы могут воздействовать в самых разнообразных сочетаниях и последовательностях, учесть которые при проведении испытаний не представляется возможным. Поэтому при проведении испытаний целесообразно исходить из следующих соображений:

- вероятность одновременного действия внешних факторов в реальных условиях эксплуатации изделий должна быть не ниже вероятности действия отдельных факторов с уровнями, соответствующими заданным в НТД требованиям;
- эффективность комплексного воздействия внешних факторов должна быть не ниже эффективности их раздельного (последовательного) воздействия при одинаковых условиях;
- необходимые средства на проведение испытаний должны оправдывать цели испытаний.

Нормы комплексных испытаний устанавливают с учетом вида испытаний. При этом следует руководствоваться нормами испытаний, установленными для испытаний на раздельное воздействие внешних факторов, или результатами измерения внешних факторов в реальных условиях эксплуатации испытываемых изделий. При проведении экспериментальных исследований следует исходить из условий достижения поставленных целей и задач исследований.

Ниже приводятся методы комплексных испытаний на некоторые сочетания внешних факторов.

Испытание на комплексное воздействие вибрации и повышенной (пониженной) температуры среды. Испытание проводят в установке комплексных испытаний (климатической камере, объединенной с вибратором), обеспечивающей испытательные режимы по температуре и вибрации. Если в процессе испытания температура поверхности вибрационного стола может существенно отличаться от температуры

в камере, то крепление изделий к вибрационному столу должно иметь низкую теплопроводность. При этом крепление не должно вносить изменений в динамическую характеристику изделий в пределах диапазона частот испытаний.

После размещения изделия в камере его включают и по установлению теплового равновесия измеряют его параметры. Затем проводят испытание на виброустойчивость и изделие выключают. Температуру в камере снижают до значения пониженной рабочей температуры и выдерживают до установления температуры по всему объему. Изделие включают и после достижения теплового равновесия проводят измерения параметров, указанных в НТД для испытаний на холодоустойчивость. Затем изделия испытывают последовательно на виброустойчивость и вибропрочность при пониженной температуре. Температуру в камере повышают до значения повышенной рабочей температуры и выдерживают до установления температуры по всему объему. Изделия выключают и после достижения теплового равновесия измеряют параметры, указанные в НТД для испытаний на теплоустойчивость.

Затем изделия испытывают последовательно на виброустойчивость и вибропрочность при повышенной температуре.

Температуру в камере устанавливают нормальной и проводят испытание на вибропрочность. Этой операцией заканчивается первый цикл испытания. Аналогичным образом изделия испытывают по очереди для двух других положений изделий по отношению к направлению действия вибрации.

Испытание на комплексное воздействие вибрации, пониженной температуры и повышенной влажности среды. Испытания проводят в установке комплексных испытаний (в климатической камере, объединенной с вибратором), обеспечивающей испытательные режимы по влажности, температуре и вибрации, или последовательно в двух климатических камерах, одна из которых должна быть объединена

с вибратором, и обеспечивать одновременное воздействие пониженной температуры и вибрации.

Изделия помещают в установку комплексных испытаний и проводят испытания на воздействие повышенной влажности циклическим методом (для изделий, к которым предъявлены требования по инею и росе) или в постоянном режиме. В конце испытания измеряют параметры изделий, после чего температура в камере снижают до рабочего значения пониженной температуры. Выдерживают изделия при пониженной рабочей температуре в течение времени, достаточного для установления температуры по всему объему. Включают вибратор и проводят испытание на прочность к воздействию синусоидальной или случайной широкополосной вибрации в эксплуатационном положении в условиях рабочей пониженной температуры.

Завершением испытания на вибропрочность заканчивается первый цикл данного вида испытаний. Проводят еще не менее двух аналогичных циклов испытаний. В каждом из этих циклов направление действия вибрации выбирается таким образом, чтобы в результате испытаний изделие подвергалось воздействию вибрации в трех взаимно перпендикулярных направлениях. Общее количество циклов испытаний устанавливается, исходя из реальных условий эксплуатации изделий, целей и задач испытаний. По окончании последнего цикла испытаний изделия извлекаются из камеры и после выдержки в нормальных условиях в течение времени, достаточного для установления температуры по всему объему, проводят внешний осмотр изделий и измерение их параметров.

Испытание на комплексное воздействие одиночных ударов и пониженной (повышенной) температуры среды. Испытания проводят на установке комплексных испытаний или на ударном стенде, объединенным с оборудованием для охлаждения (нагрева) испытываемых изделий в заданном диапазоне температур. Для испытаний может быть использован ударный стенд без оборудования его специальной системой для охлаждения

(нагрева) испытываемых изделий. В этом случае изделия предварительно охлаждают (нагревают) в отдельной климатической камере с учетом возможного их нагрева после охлаждения или, наоборот, охлаждения после нагрева за общее время, необходимое для переноса изделия из камеры, закрепления их на стенде и воздействия ударов. Это время зависит от массы испытываемых изделий и возможностей приспособления для их закрепления на стенде. Оно определяется на этапе подготовки к испытаниям.

Изделия закрепляют на ударном стенде. При этом крепление изделий к ударному стенду должно иметь низкую теплопроводность и не должно вносить изменений в динамическую характеристику изделий в заданном диапазоне частот. Включают изделия и, после выдержки в нормальных климатических условиях до установления теплового равновесия, измеряют параметры, оговоренные в НТД. Затем изделия выключают. Если в НТД указана необходимость контроля параметров в процессе испытаний, то испытания изделий проводят под электрической нагрузкой. Изделия охлаждают (нагревают) до рабочего или предельного значения температуры и выдерживают при этой температуре до установления теплового равновесия или охлаждения (нагрева) по всему объему. Далее изделия подвергают воздействию ударов поочередно в каждом из трех взаимно перпендикулярных направлений. Температура образца при испытаниях в каждом направлении должна соответствовать пониженной (повышенной) рабочей или предельной температуре, заданной в НТД для отдельных испытаний. Форму ударов импульсов, количество ударов, ускорение и частоту следования ударов устанавливают также в соответствии с НТД для испытаний.

После окончания испытаний на воздействие ударов изделия снимают со стенда, включают и, после выдержки в нормальных климатических условиях до установления теплового равновесия, измеряют параметры оговоренные в НТД.

4.5 Категории испытаний по этапам разработки продукции

По этапам разработки продукции различают испытания:

- доводочные,
- предварительные,
- приемочные.

Разработка и постановка продукции на производство в общем случае представляют собой комплекс правил, определяющих порядок проведения работ по созданию и производству продукции в оптимальные сроки и надлежащего качества. Разработка продукции на производство в общем случае может предусматривать следующие этапы (стадии, виды):

- исследование и обоснование разработки;
- разработку ТЗ;
- разработку технической документации;
- изготовление и испытание опытных (головных) образцов (опытных партий) продукции;
- приемку результатов разработки продукции;
- утверждение образцов-эталонов (при необходимости).

Количество этапов (стадий, видов), их содержание и последовательность выполнения определяются разработчиком (заказчиком) исходя из особенностей продукции, характера взаимоотношений между заинтересованными субъектами хозяйственной деятельности, формы организации работ и т.п., имея в виду, что:

- продукция может создаваться по заказам, финансируемым из государственного бюджета;
- продукция может создаваться по заказам из средств конкретных заказчиков;
- продукция может создаваться без заказчика по инициативе и из средств самих заинтересованных субъектов хозяйственной деятельности.

При разработке (модернизации, модификации) продукции в роли заказчика может быть: органы управления, юридические и физические лица с которыми по договорам и заявкам проводятся работы.

На начальном этапе разработки продукции разработчиком на основе исходных требований заказчика, как правило, предусматривается проведение исследований для предварительного изучения комплекса вопросов, связанных с обоснованием необходимости (возможности) и целесообразности разработки новой или модернизации (модифицирования) выпускаемой продукции, а также формированием для этого исходных данных, направленных на наиболее эффективное решение поставленных задач.

По договоренности заказчика и разработчика для более глубокого предварительного изучения вопроса необходимости и целесообразности создания новых видов продукции и путей их разработки, производства и эксплуатации могут проводиться научно-исследовательские работы (НИР) или может разрабатываться аванпроект, предусматривающие:

- детальное изучение состояния вопроса в области создания, производства и эксплуатации (применения) данного вида продукции с учетом прогнозирования спроса на нее, а также тенденций дальнейшего развития и совершенствования в стране и за рубежом;
- всестороннее обоснование потребности в продукции;
- научное обоснование технико-экономических показателей продукции, в том числе направленных на ресурсосбережение и экономию топливно-энергетических ресурсов;
- проведение сравнительного анализа планируемых показателей продукции с показателями лучших отечественных и зарубежных аналогов (при их наличии);
- определение оптимальных путей разработки продукции и подготовку предложений по организации разработки, производства и эксплуатации продукции;

- выработку предложений по математическому, информационному и другим видам обеспечения разработки и постановки продукции на производство в зависимости от ее особенностей.

Аванпроект – вид исходной технической документации, содержащей обоснование разработки продукции и ее показателей, исходные требования и предложения по разработке, производству и эксплуатации продукции. Результаты исследований и научно обоснованные данные НИР, а также аванпроекта могут использоваться разработчиком для составления ТЗ на разрабатываемую (модернизируемую, модифицируемую) продукцию, а также в качестве наиболее эффективных решений при планировании проведения опытно-конструкторских работ (ОКР) или опытно-технологических работ (ОТР).

При разработке продукции в составе НИР, ОКР или ОТР исследование и обоснование разработки продукции могут предусматриваться в виде отдельного этапа (стадии) или входить в состав работ, выполняемых по первому этапу НИР, ОКР или ОТР. Решение о разработке продукции в инициативном порядке принимают с учетом конъюнктуры рынков сбыта.

Разработка ТЗ. Для координации работ по разработке (модернизации, модифицированию) продукции рекомендуется в качестве основного исходного документа использовать ТЗ. Для ТЗ и всех других видов документов по организации проведения разработки (модернизации, модифицированию) продукции, которые взаимно признаются всеми участниками разработки, определяющим является их содержание, т.е. наличие в них информации об основании, целях, задачах и сроках разработки, участниках и их функциях, если это не определено договором, а также необходимого и достаточного объема требований к разрабатываемой (модернизируемой, модифицируемой) продукции. Поэтому в ТЗ, как правило, предусматривается комплекс функциональных, технологических, эксплуатационных, экономических и других технических требований к разрабатываемой (модернизируемой, модифицируемой) продукции,

характеризующих ее показатели качества, потребительские (эксплуатационные) свойства и требования безопасности, а также могут устанавливаться требования, определяющие общий порядок или уточняющие особенности приемки, контроля, транспортирования и хранения продукции, и приводиться указания по эксплуатации, гарантийным обязательствам, поставке, монтажу, наладке, вводу в эксплуатацию, техническому (гарантийному) обслуживанию, ремонту продукции и ее утилизации. По инициативе заказчика в ТЗ могут включаться результаты сравнительного анализа планируемых показателей продукции с показателями лучших отечественных и зарубежных аналогов, если такие аналоги выявлены. Для более объективной оценки разрабатываемой продукции в ТЗ может предусматриваться опытное применение, опытная эксплуатация или опытная апробация продукции в процессе разработки.

При необходимости в ТЗ устанавливаются требования к разработке, изготовлению, испытаниям и приемочному контролю составных частей продукции, а также могут быть отражены другие вопросы, взаимосвязанные с постановкой на производство и эксплуатацией продукции и ее обслуживанием. Разработку ТЗ, как правило, совмещают со стадией исследования и обоснования разработки продукции. На любом этапе проведения работ по разработке продукции в утвержденные ТЗ могут быть внесены изменения в соответствии с предложениями заказчика или согласованными с заказчиком предложениями разработчика или других участников разработки. При разработке простейших товаров народного потребления, изделий народных художественных промыслов и сувениров ТЗ, как правило, не разрабатывают.

Разработка технической документации. Состав и комплектность технической документации, планируемой для использования при разработке конкретных видов продукции, порядок ее разработки, согласования, утверждения, приобретения (заимствования) и передачи (при необходимости) рекомендуется устанавливать на стадии заключения

договора или в ТЗ на разработку с последующим уточнением в процессе разработки и постановки продукции на производство или в стандартах организации разработчика. Техническая документация, как правило, представляет собой совокупность следующих технических документов:

- государственные стандарты вида ОТУ (общие технические условия) или вида ТУ или ТУ на конкретный вид продукции;
- рабочая КД (конструкторская документация) и ТД (технологическая документация) на конкретный вид продукции;
- ЭД (электронная документация);
- РД (руководящие документы);
- программы и программные документы;
- другие документы, действующие в сфере конкретного вида продукции.

Изготовление и испытание опытных (головных) образцов (опытных партий) продукции осуществляется в порядке, установленном в соответствии с ТЗ или другими видами документов, если иные условия не определены особо участниками разработки продукции. На данной стадии проводятся *предварительные* и *приемочные испытания*. При необходимости оценки возможности предъявления опытных образцов (опытных партий) на приемочные испытания могут предусматриваться их предварительные испытания. Проведение предварительных испытаний оговаривается в ТЗ или такое решение может быть принято разработчиком по ходу разработки.

Предварительные испытания – контрольные испытания опытных образцов и (или) опытных партий продукции с целью определения возможности их предъявления на приемочные испытания. Программа предварительных испытаний разрабатывается на основе требований ТЗ с привлечением при необходимости заказчика и изготовителя и утверждается стороной, несущей ответственность за проведение этих испытаний, как правило разработчиком. По результатам предварительных испытаний

разработчик проводит (при необходимости) корректировку КД и/или ТД на продукцию, доработку опытного образца (опытной партии).

Положительные результаты предварительных испытаний опытного образца (опытной партии) являются основанием для присвоения (при необходимости) КД и/или ТД литеры «О» и предъявления опытного образца (опытной партии) на приемочные испытания. Для единичной продукции предварительные испытания перед приемочными испытаниями могут при необходимости проводиться на экспериментальных образцах, макетах или моделях изделий, если их изготовление предусматривалось соответствующими стадиями разработки КД.

Приемочные испытания – контрольные испытания опытных образцов, опытных партий продукции или изделия единичного производства, проводимые соответственно с целью решения вопроса о целесообразности постановки этой продукции на производство и (или) использования по назначению. К началу проведения приемочных испытаний продукции приемочной комиссии в общем случае предъявляются:

- опытный образец (опытная партия), головной образец, единичная продукция;
- утвержденное ТЗ или документ его заменяющий;
- проект или учтенный экземпляр стандарта на продукцию вида ОТУ или вида ТУ;
- проект ТУ на продукцию или учтенную копию заимствованных ТУ;
- программа и методики испытаний;
- комплект проектов технических документов, если их разработка предусмотрена ТЗ:
- комплект рабочей КД;
- комплект ТД;
- комплект ЭД;
- комплект РД (если предусмотрено ТЗ);

- протоколы (акты, заключения) предшествующих испытаний (исследовательских, предварительных, эксплуатационных, экспертных и т.п.), если они проводились согласно ТЗ или по инициативе разработчика или были востребованы в процессе разработки;
- другая документация и материалы согласно ТЗ, подтверждающие научно-технический уровень, энергоэффективность, ресурсосбережение, конкурентоспособность и импортозамещение продукции.

Изготовление опытных образцов (опытных партий) продукции, как правило, предусматривается изготовителем или разработчиком (заказчиком) на серийную продукцию с целью подтверждения соответствия разработанной им продукции требованиям ТЗ (или исходным требованиям заказчика). При планировании небольших объемов выпуска серийной продукции, характерных для мелкосерийного производства, в качестве опытного образца может использоваться головной образец продукции. При создании единичной продукции в одном экземпляре изготовление опытного образца, как правило, не предусматривается. Для единичной продукции, выпускаемой в виде партии, в качестве опытного образца может использоваться головной (первый) образец из партии.

Приемочные испытания проводятся разработчиком (заказчиком) или изготовителем разрабатываемой продукции с целью оценки ее соответствия установленным техническим требованиям ТЗ (или исходным требованиям заказчика) для принятия решения о возможности постановки на производство и/или использования по назначению. Для серийной продукции приемочным испытаниям, как правило, подвергаются опытные образцы (опытные партии) продукции, если иное не предусмотрено ТЗ. Для единичной продукции, реализуемой в виде одного экземпляра изделия, приемочным испытаниям, как правило, подвергается изготовленная продукция. Для партии единичной продукции приемочным испытаниям может подвергаться головной образец. Допускается при проведении приемочных испытаний единичной продукции (в виде одного экземпляра или

партии) использование в качестве опытных образцов макетов, экспериментальных образцов или моделей продукции, если их изготовление предусматривается при разработке.

При постановке на производство продукции, уже ранее освоенной другими изготовителями, по стандартам (стандартам вида ОТУ или вида ТУ) или по ТУ, в том числе государств – участников СНГ, заимствованным и зарегистрированным в установленном порядке, допускается изготовление и приемочные испытания опытных образцов (опытных партий) не производить или делать это по усмотрению разработчика (заказчика).

При модернизации или модифицировании продукции приемочные испытания могут проводиться на головных образцах установочной серии. При разработке типоразмерного ряда продукции приемочным испытаниям подвергается опытный образец типового представителя ряда при условии, что результаты испытаний могут быть распространены на остальных представителей этого ряда. Об этом делается соответствующая запись в акте приемочных испытаний. Продукция, изготавливаемая путем агрегатирования из освоенных составных частей (деталей), может не подвергаться приемочным испытаниям, если ее характеристики однозначно определяются характеристиками этих составных частей (деталей). При этом для покупных составных частей эти характеристики подтверждаются сопроводительными документами поставщиков, а изготавливаемых для собственных нужд – подтверждаются изготовителем при освоении их производства. Для продукции, сборка которой осуществляется по месту эксплуатации, приемочные испытания могут проводиться на месте эксплуатации после ее монтажа и наладки. Приемочные испытания опытного образца (опытной партии) могут не проводиться, если показатели, характеризующие качество продукции, могут быть определены экспертным методом.

Приемочные испытания проводят, руководствуясь стандартами на методы испытаний или типовыми программами и методиками испытаний, относящимися к данному виду продукции. При их отсутствии приемочные

испытания могут проводиться по программам и методикам испытаний, разработанным разработчиком, согласованным с заказчиком и изготовителем или одобренным приемочной комиссией, или по проектам стандартов (стандартов вида ОТУ или вида ТУ) и/или проектам ТУ на разрабатываемую продукцию. Программы приемочных испытаний разрабатывают на основе требований ТЗ и КД с использованием при необходимости типовых программ, типовых (стандартизованных) методик испытаний и действующих нормативных документов в части организации и проведения испытаний.

В случае отсутствия у разработчика (заказчика) или изготовителя возможности или необходимых условий для приемочных испытаний они могут проводиться на договорной основе в испытательных центрах (лабораториях).

При обеспечении в процессе разработки продукции технологической готовности производства к ее серийному выпуску возможно по согласованию с заказчиком опытные образцы (опытные партии) продукции не изготавливать, а приемочные испытания совмещать с квалификационными испытаниями образцов установочной серии. При этом последующие этапы постановки и освоения производства продукции могут осуществляться и оцениваться. В процессе приемочных испытаний ход и результаты испытаний документально фиксируют и оформляют протоколами, если иное не предусмотрено требованиями действующих нормативных документов.

После завершения приемочных испытаний опытные образцы (образцы опытной партии) и головные образцы считаются выполнившими свои функции. Поэтому вопрос о дальнейшем их использовании в качестве единиц продукции (возможно, и после доработки) или утилизации (уничтожении) решается в соответствии с рекомендациями приемочной комиссии. Решение о дальнейшем применении головного образца, использованного при приемочных испытаниях партии единичной продукции, принимается заказчиком продукции.

Доводочные испытания –исследовательские испытания, проводимые при разработке продукции с целью оценки влияния вносимых в нее изменений для достижения заданных значений показателей ее качества.

Приемка результатов разработки продукции. Для организации и проведения приемочных испытаний и оценки их результатов, как правило, формируется приемочная комиссия, если иное не предусмотрено ТЗ или договором на разработку продукции. Приемочная комиссия отвечает за полноту, достоверность и объективность результатов приемочных испытаний, оценку возможности и целесообразности постановки продукции на производство или реализации единичной продукции, а также за соблюдение сроков и документирование результатов. В том случае, если разработчиком (изготовителем) продукции является индивидуальный предприниматель (в единственном числе), приемочная комиссия не предусматривается или он может руководствоваться действующими нормативными документами. Приемочной комиссией может при необходимости приниматься решение об опытном применении, опытной эксплуатации или опытной апробации продукции в процессе разработки.

Приемочную комиссию, как правило, формирует, утверждает и осуществляет контроль за ее деятельностью заказчик или по его поручению разработчик или уполномоченная им организация (лицо), если иное не предусмотрено договором на разработку. При формировании приемочной комиссии решается вопрос о ее количественном составе, назначается председатель приемочной комиссии и определяются его функции и полномочия, а также распределяются обязанности ее членов и конкретизируются все процедурные вопросы, связанные с алгоритмом проведения работ. Количественный состав приемочной комиссии должен позволять принимать альтернативные решения. В состав приемочной комиссии, как правило, включают представителей заказчика, разработчика и изготовителя. При инициативной разработке приемочные испытания проводит приемочная комиссия, состав и председателя которой назначает

разработчик. В зависимости от особенностей продукции к работе приемочной комиссии могут быть привлечены (по согласованию с ними) высококвалифицированные специалисты в данной области (данном направлении деятельности) сторонних организаций. Для продукции, которая может представлять опасность для жизни, здоровья, наследственности и имущества граждан и окружающей среды, в состав приемочной комиссии могут приглашаться (по согласованию с ними) представители органов, осуществляющих государственный контроль (надзор) за соблюдением требований, направленных на обеспечение безопасности жизни, здоровья, наследственности и имущества граждан, сохранение среды обитания человека и охрану окружающей среды.

По договоренности сторон, участвующих в разработке и постановке продукции на производство, допускается:

- проведение приемочных испытаний без назначения приемочной комиссии, но с возложением ее функций и обязанностей на соответствующие службы предприятий, проводящих приемочные испытания, что должно быть отражено в ТЗ и/или договоре на разработку;

- возложение на договорной основе функций приемочной комиссии по простейшим товарам народного потребления, изделиям народных художественных промыслов и сувенирам на художественно-технические советы заказчика (разработчика или изготовителя) или компетентные в данном виде продукции организации, наделенные в установленном (законодательном) порядке такими полномочиями.

По завершению приемочных испытаний разработчик представляет в приемочную комиссию результаты испытаний (протоколы, акты, отчеты и т.п.), подтверждающие выполнение программы испытаний и содержащие оценку результатов испытаний, оформленные в соответствии с ТЗ и требованиями стандартов и/или программами и методиками испытаний.

Приемочная комиссия рассматривает представленные результаты испытаний и составляет акт приемки опытного образца (опытной партии)

продукции, где приводит оценку разработки и делает выводы о возможности постановки серийной продукции на производство. Для единичной продукции приемочной комиссией составляется акт приемки единичной продукции или акт приемки головного образца для партии единичной продукции и делаются выводы о возможности реализации этой единичной продукции.

Для подтверждения соответствия отдельных показателей (характеристик) продукции и/или в целом всей продукции могут предъявляться положительные результаты предшествующих предварительных испытаний (исследовательских, предварительных, эксплуатационных, экспертных и т.п.), если их достоверность будет признана приемочной комиссией. Приемочная комиссия, как правило, считается правомочной при наличии не менее $\frac{2}{3}$ ее списочного состава, если иное не установлено ТЗ или договором на разработку. Приемочная комиссия принимает решение о постановке продукции на производство, как правило, при согласии всех членов приемочной комиссии. В случае возникновения разногласий решение может считаться принятым, если за него проголосовало не менее $\frac{2}{3}$ фактического состава комиссии. Члены комиссии, не согласные с решением комиссии, подписывают акт приемки с письменным оформлением своего особого мнения.

Наименование акта приемки, составляемого приемочной комиссией, не регламентируется. Он может быть назван, например: «Акт приемочных испытаний продукции»; «Акт приемочной комиссии»; «Акт приемки опытного образца (опытной партии) продукции»; «Акт приемки продукции». В дальнейшем по тексту настоящих рекомендаций используется наименование «Акт приемочных испытаний продукции». Акт приемочных испытаний продукции в общем случае включает:

- оценку соответствия состава технической документации и укомплектованности представленных на приемочные испытания;
- опытного образца (опытной партии) серийной продукции;

- единичной продукции или головного образца для партии единичной продукции;
- данные и результаты (протоколы, акты, отчеты) испытаний (проверок, оценок) опытного образца (опытной партии) продукции, а также головного образца, единичной продукции согласно программам и методикам испытаний с оценкой полноты их выполнения;
- заключение приемочной комиссии о готовности продукции к постановке на производство и соответствующие (в связи с этим) рекомендации по присвоению КД и/или ТД литеры «О1», утверждению проектов стандартов (стандартов вида ОТУ или вида ТУ) и/или проектов ТУ на продукцию, утверждению (представлению на утверждение) образцов-эталонов (контрольных образцов), а также дальнейшему использованию опытных образцов (опытной партии), головных образцов или единичной продукции, подвергавшихся приемочным испытаниям, или же заключение приемочной комиссии о неготовности продукции к постановке на производство и соответствующие (в связи с этим) рекомендации по устранению несоответствий, выявленных в результате приемочных испытаний, доработке продукции для повторного представления на испытания или о прекращении ее дальнейшей разработки.

Акт приемочных испытаний продукции утверждает организация (лицо), назначившая (ее) приемочную комиссию. Утверждение Акта приемочных испытаний продукции может быть поручено председателю приемочной комиссии. Акт приемочных испытаний продукции инициативных разработок утверждает руководитель разработчика или лицо, им уполномоченное. С утверждением Акта приемочных испытаний продукции работы по проведению приемочных испытаний опытного образца (опытной партии) продукции, а также головного образца или единичной продукции считаются завершенными. Утвержденный Акт приемочных испытаний продукции при положительных результатах приемочных испытаний опытного (головного) образца (опытной партии) серийной

продукции для промышленного производства является основанием считать разработку продукции завершённой, а продукцию рекомендованной к постановке на производство. Утверждённый Акт приемочных испытаний продукции при положительных результатах приемочных испытаний единичной продукции (головного образца) является основанием для признания разработки продукции завершённой и принятия решения о целесообразности передачи этой продукции для реализации (эксплуатации) заказчику.

Приемочные испытания в общем случае могут включать следующие виды испытаний:

- лабораторно-стендовые  для оценки физико-химических и эксплуатационных характеристик разработанной продукции;
- стендовые  для оценки надёжности двигателей, систем, машин и механизмов;
- полигонные, контрольно-летные  для подтверждения технических характеристик техники при применении разработанной продукции;
- эксплуатационные или эксплуатацию под наблюдением  для выявления особенностей применения разработанной продукции в условиях эксплуатации техники, оценки её влияния на надёжность техники, установления периодичности её технического обслуживания.

4.6 Категории испытаний готовой продукции

К испытаниям готовой продукции относятся категории:

- квалификационные;
- предъявительские;
- приемо-сдаточные;
- периодические;
- инспекционные;

- типовые;
- аттестационные;
- сертификационные.

Квалификационные испытания – контрольные испытания установочной серии или первой промышленной партии с целью оценки готовности предприятия к выпуску продукции данного типа в заданном объеме. Квалификационные испытания установочной серии образцов продукции (далее – квалификационные испытания) являются последним результирующим этапом подготовки продукции к производству, который подводит итог всему процессу разработки продукции, определяя возможность ее серийного (промышленного) производства, поэтому их рекомендуется проводить в том числе и для продукции, ранее освоенной и выпускаемой другими изготовителями, а также для продукции, изготовляемой по технической документации иностранных фирм.

Постановка продукции на производство осуществляется изготовителем с целью обеспечения готовности к производству и реализации вновь разработанной, модернизированной, модифицированной либо выпускавшейся ранее другим изготовителем продукции в заданном объеме, соответствующей установленным требованиям. При необходимости к постановке продукции на производство могут привлекаться на договорной основе разработчик и другие участники разработки и приемочных испытаний продукции. Постановка продукции на производство, включает подготовку производства, освоение производства (в том числе изготовление установочной серии, проведение квалификационных испытаний).

Подготовка производства предусматривает комплекс мероприятий и работ по обеспечению технологической готовности производства к выпуску изготовителем соответствующей установленным требованиям продукции в запланированном объеме. Изготовитель к моменту постановки продукции на производство принимает от разработчика:

- копию Акта приемочных испытаний продукции;

- документы, подтверждающие соответствие разработанной продукции установленным требованиям (протоколы, акты и т.п.);
- комплект КД и/или ТД с литерой «О1» или более высокой («А»);
- комплект КД и ТД на специальные средства технологического оснащения и средства измерений и контроля (если это предусматривалось ТЗ);
- документы, подтверждающие согласование применения покупных комплектующих изделий (если это предусматривалось ТЗ);
- заключения по проведенным экспертизам органов государственного контроля (надзора) (метрологической, экологической и т.п.) (если это предусматривалось ТЗ);
- специальные средства контроля и испытаний (если это предусматривалось ТЗ).

Кроме того, для подготовки производства изготовителем выполняются следующие основные работы:

- изучение конструкции осваиваемой продукции;
- отработка конструкции на технологичность с учетом стандартов ЕСТПП;
- разработка ТД, ЭД и РД (при необходимости) на продукцию, если их разработка не входила в состав работ по разработке продукции;
- разработка, изготовление и/или приобретение средств технологического оснащения и средств измерений и контроля;
- заключение контрактов с поставщиками покупных комплектующих изделий и материалов;
- обучение персонала, занятого при изготовлении, наладке, испытаниях, контроле, приемке, установке и монтаже продукции;
- разработка и выполнение других организационных и технологических мероприятий, связанных с подготовкой производства.

При планировании квалификационных испытаний необходимо исходить из конкретных особенностей продукции, реальных условий

разработки, подготовки производства и освоения продукции и других обстоятельств, которые при согласии разработчика (заказчика) позволяют сделать для нее некоторые исключения, например:

- а) не проводить квалификационные испытания:
 - простейших товаров народного потребления;
 - деталей, входящих в сборочные единицы;
 - модернизируемой и модифицируемой продукции, технология производства которой не подвергается существенным изменениям по сравнению с технологией ранее освоенной продукции;
 - конечной продукции, изготовленной путем агрегатирования из освоенных составных частей (деталей) по отработанной технологии;
 - продукции мелкосерийного производства;
 - продукции, для которой освоение производства проведено в процессе изготовления опытных образцов (опытных партий), о чем засвидетельствовано в акте приемочных испытаний;
- б) совмещать квалификационные испытания с приемочными, если освоение производства продукции проведено в процессе изготовления опытного (головного) образца (опытной партии) по технологии и на оборудовании серийного производства.

Квалификационные испытания на соответствие установленным требованиям, как правило, проводят по программе, разработанной изготовителем с участием (при необходимости) разработчика и/или заказчика.

При наличии разногласий приоритетное право на принятие окончательного решения по составу и процедуре проведения квалификационных испытаний отдается изготовителю.

При разработке типоразмерного ряда продукции квалификационные испытания могут проводиться на образцах установочной серии типового представителя ряда при условии, что результаты испытаний могут быть распространены для всех представителей этого ряда.

Квалификационные испытания, как правило, организует и обеспечивает изготовитель продукции. Для проведения квалификационных испытаний изготовителем назначается комиссия и ее председатель.

При формировании комиссии по проведению квалификационных испытаний в ее состав помимо представителей изготовителя могут при необходимости включаться представители разработчика и заказчика, а также других заинтересованных предприятий, в том числе тех, в системе которых будет осуществляться гарантийное или послегарантийное обслуживание реализованной продукции. При организации работы комиссии по проведению квалификационных испытаний могут быть применены рекомендации подраздела 5.5 для приемочных испытаний. По договоренности сторон, участвующих в разработке и постановке продукции на производство, функции комиссии по проведению квалификационных испытаний могут быть возложены на приемочную комиссию.

Результаты квалификационных испытаний считают положительными, если образцы продукции установочной серии выдержали испытания в объеме программы квалификационных испытаний.

Положительные результаты квалификационных испытаний, как правило, оформляют Актом квалификационных испытаний, содержащим заключение комиссии о:

- соответствии образцов продукции установленным требованиям;
- завершенности этапа освоения производства продукции;
- готовности изготовителя к производству серийной продукции в заданных объемах, а также о присвоении КД (при наличии) и ТД в установленном порядке литеры «А».

В случае совмещения приемочных и квалификационных испытаний продукции в Акте квалификационных испытаний дополнительно отражают соответствующее решение приемочной комиссии о таком совмещении.

Акт квалификационных испытаний утверждается изготовителем. Утверждение Акта квалификационных испытаний может быть поручено председателю комиссии.

Отрицательные результаты квалификационных испытаний оформляют протоколом по форме, принятой у изготовителя. В протоколе указывают характеристики и параметры продукции, по которым установлены несоответствия, а также сроки разработки плана мероприятий по их устранению или сроки устранения.

План мероприятий разрабатывает изготовитель с участием при необходимости разработчика и заказчика. План мероприятий должен содержать сроки доработки изготовленной продукции, внесения (при необходимости) изменений в стандарты и ТУ на продукцию, корректировки КД (при наличии) и ТД и повторных квалификационных испытаний доработанной продукции (при необходимости). Решение по объему повторных квалификационных испытаний принимается комиссией.

Акт положительных квалификационных испытаний является основанием для того, чтобы:

- считать освоение производства данного вида продукции законченным, а изготовителя — готовым к ее серийному выпуску;
- присвоить в установленном порядке КД (при наличии) и ТД литеру «А».

Возможность и условия поставки заказчику продукции из установочной серии до завершения освоения производства оговаривается в договоре на поставку.

В случае совмещения приемочных и квалификационных испытаний продукции критерием, определяющим готовность изготовителя к ее серийному выпуску, являются положительные результаты испытаний, оформленные Актом квалификационных испытаний опытных образцов установочной серии, совмещенных с приемочными испытаниями.

При такой организации работ функции приемочной комиссии и комиссии по проведению квалификационных испытаний могут быть совмещены и оптимизированы по составу по договоренности сторон, участвующих в разработке и постановке продукции на производство. Акт квалификационных испытаний опытных образцов установочной серии, совмещенных с приемочными испытаниями, может оформляться на основе формы акта приложения Е.

Разработанная продукция, выпускаемая по стандартам или ТУ, зарегистрированным в установленном порядке, регистрируется в Государственной системе каталогизации продукции посредством представления изготовителем каталожного листа продукции в соответствии с действующими нормативными документами.

Освоение производства завершается проверкой и подтверждением технологической готовности производства, включая оценку профессионального уровня персонала в практическом овладении приемами изготовления и контроля продукции, а также практическую отработку технологического процесса с определением его способности к изготовлению продукции со стабильными значениями показателей и в заданном объеме выпуска, соответствующей установленным требованиям.

Это заключается в проведении изготовителем следующего комплекса работ:

- оценка полноты и завершенности технологического процесса, качества и стабильности выполнения технологических операций, готовности испытательного оборудования, средств технологического оснащения и контроля и т.п.;
- изготовление образцов продукции установочной серии в соответствии с требованиями КД литеры «О1» и технологическим процессом для производства продукции по ТД литеры «О1»;
- отработка (при необходимости) конструкции изделий на технологичность в соответствии со стандартами ЕСТП;

- проведение квалификационных испытаний образцов продукции установочной серии;
- корректировка (при необходимости) КД и ТД по результатам изготовления и испытания установочной серии;
- оснащение технологического процесса изготовления изделий с присвоением КД и ТД литеры «А».

В случае если при испытаниях для оценки органолептических характеристик продукции потребуется применение образца-эталона, который не был утвержден на этапе приемочных испытаний, то изготовитель утверждает в установленном порядке в качестве образца-эталона образец продукции из установочной серии.

ЭД разрабатываются на основании технической документации иностранных фирм в соответствии с требованиями ГОСТ 2.601 и ГОСТ 2.610 и законодательных актов Республики Беларусь. Если РД не входили в комплект приобретенной технической документации иностранных фирм, то необходимость их разработки в соответствии с требованиями ГОСТ 2.602 определяется разработчиком. В процессе подготовки рабочей технической документации подтверждается возможность применения материалов и комплектующих изделий взамен тех, которые заложены в технической документации иностранных фирм. При необходимости идентификации при дальнейшем использовании рабочей технической документации, подготовленной на основе технической документации иностранной фирмы, может быть присвоено двойное обозначение (обозначение иностранной фирмы и обозначение изготовителя) или предусмотрено другое разграничение по взаимной договоренности изготовителя и иностранной фирмы. При постановке на производство продукции по рабочей технической документации субъектов хозяйствования государств – членов Таможенного союза или СНГ, как правило, изготовление опытных образцов (опытных партий) и проведение приемочных испытаний не предусматриваются. Аналогичное решение может быть принято изготовителем и в отношении

рабочей технической документации, разработанной на основе технической документации иностранных фирм, если для него разрешен вопрос возможности замены материалов и комплектующих изделий, установленных в технической документации иностранной фирмы. В тех случаях, когда, по мнению изготовителя, замена материалов и комплектующих изделий составляет значительный объем, а возможность такой замены ранее не изучалась и сравнительными испытаниями не подтверждена, им может быть принято решение об изготовлении опытного образца (опытной партии) и проведении приемочных испытаний. Степень завершенности подготовки рабочей технической документации оценивается изготовителем продукции, в результате чего им принимается решение о возможности ее использования для проведения подготовки и освоения производства продукции. При оснащении производства технологическим оборудованием и средствами контроля и измерений, приобретенными у иностранных фирм, они должны на этапе подготовки производства пройти в установленном порядке регистрацию, аттестацию, поверку и/или метрологический контроль в соответствии с законодательством об обеспечении единства измерений.

Предъявительские испытания – контрольные испытания продукции, проводимые службой технического контроля предприятия-изготовителя перед предъявлением ее для приемки представителем заказчика, потребителя или других органов приемки.

Пример: Согласно НПБ 197 предъявительским испытаниям должен подвергаться каждый автоподъемник пожарный (АПК) с тем, чтобы определить возможность поставки изделия потребителю. Предъявительские испытания АПК включают:

- а) внешний осмотр;
- б) проверку механизма управления двигателем;
- в) проверку механизма блокировки рессор и опорного устройства;
- г) проверку механизма бокового выравнивания;
- д) проверку работоспособности АПК на площадке с уклоном 6°;

- е) проверку предохранителей от лобовых ударов;
- ж) проверку аварийного привода;
- з) проверку громкоговорящей связи;
- и) проверку устройств автоматики, блокировки и сигнализации;
- к) проверку прочности и устойчивости;
- л) проверку ограничителя грузоподъемности;
- м) проверку прогиба стрелы;
- н) проверку времени выполнения маневров;
- о) проверку конструкционной прочности;
- п) дорожные испытания на расстояние (50 ± 5) км.

После дорожных испытаний обнаруженные дефекты должны быть устранены.

При неудовлетворительных результатах испытаний хотя бы по одному показателю изделие возвращают для устранения несоответствия. Повторно испытания проводят по тому показателю, по которому был получен неудовлетворительный результат. Изделие, не выдержавшее повторных испытаний, бракуют. Результаты предъявительских испытаний и обкатки должны быть оформлены протоколом и внесены в формуляр изделия.

Приемо-сдаточные испытания – контрольные испытания продукции при приемочном контроле. Приемо-сдаточные испытания проводят для принятия решения о пригодности продукции к поставке или ее использованию. Цель: контроль соответствия продукции требованиям стандартов или образцу-эталону. Испытания проводит служба технического контроля изготовителя с участием, в установленных случаях, представителя заказчика.

На испытания берутся образцы (сплошной и выборочный контроль), прошедшие предъявительские испытания. При испытаниях контролируют значения основных параметров и работоспособность изделий.

Порядок испытаний установлен в государственном стандарте общих технических требований или в технических условиях, а для продукции единичного производства – в техническом задании.

Результаты оформляются протоколом. При положительных результатах партия продукции принимается и в формуляре или паспорте дается заключение о годности. Могут ставить клейма и пломбы. При отрицательных результатах продукция возвращается изготовителю для выявления причин. Основные документы: программа и методика испытаний.

Периодические испытания – контрольные испытания выпускаемой продукции, проводимые в объемах и сроке, установленные НТД с целью контроля стабильности качества продукции и возможности продолжения качества продукции и стабильности технологического процесса (ТП). Цель испытаний – контроль соответствия продукции требованиям стандартов, установленных для данной категории испытаний, а также контролируемому образцу или образцу-эталону, если они предусмотрены в стандартах для определения возможности приемки продукции.

Приемо-сдаточные испытания, как правило, проводятся изготовителем продукции (ОТК), и рекомендуется осуществлять их вместе с формированием состава периодических испытаний. Если на предприятии-изготовителе имеется представитель заказчика, приемо-сдаточные испытания проводятся им в присутствии представителя изготовителя. Приемо-сдаточные испытания проводят с применением сплошного и выборочного контроля. Берутся образцы на испытания, прошедшие предъявительские испытания и производственный контроль. Выбирают образцы, изготовленные в течение последнего установленного периода и прошедшие предварительные испытания.

Приемо-сдаточные испытания оформляют протоколом. Если же у предприятия есть своя форма другого документа, то она должна быть выполнена с учетом специфики автоматизированного контроля. При положительных результатах партия продукции принимается и в формуляре

(или в паспорте) дается заключение о годности. Также могут ставиться пломбы или клейма на продукцию. При отрицательном результате продукция возвращается изготовителю для выявления причин несоответствия, отгрузка и приемка всей партии приостанавливается, выявляются причины дефекта, устанавливаются и проводятся повторные испытания (возможно по сокращенной программе). По возможности изделия восстанавливаются и возвращаются снова на приемо-сдаточные испытания. При невозможности восстановления изделия принимается решение об его использовании или переводе в другой сорт, а также возможности продажи в качестве некондиции.

Периодические испытания – контрольные испытания выпускаемой продукции, проводимые в объемах и в сроки, установленные нормативно-технической документацией, с целью контроля стабильности качества продукции и возможности продолжения ее выпуска. Эти испытания проводят для периодического подтверждения качества продукции и стабильности технологического процесса в установленный период с целью подтверждения возможности продолжения изготовления продукции по действующей конструкторской и технологической документации и продолжения ее приемки.

Периодические испытания – контрольные испытания выпускаемой продукции, проводимые в объемах и сроках, установленных НТД с целью контроля стабильности качества продукции и возможности продолжения ее выпуска. Проводит испытания изготовитель с привлечением по необходимости заинтересованной стороны. Если необходимо контролировать безопасность продукции со стороны органов государственного надзора, то испытания с их участием и под их контролем. Образцы выбирают, изготовленные в течение последнего установленного периода и прошедшие предварительные испытания. Результаты оформляются актом, который подписывается участниками испытаний и утверждается изготовителем (если есть представитель потребителя, то

отгрузка и приемка всей партии приостанавливается). Затем выявляют причины дефектов. Затем их устраняют и производят повторные испытания в полном объеме на доработанных образцах. К моменту повторных испытаний должны быть представлены все материалы, подтверждающие устранение дефектов. Можно провести их по упрощенной программе, если будет доказано, технически обосновано выявление дефектов.

Инспекционные испытания – контрольные испытания установленных видов выпускаемой продукции, проводимые в выборочном порядке с целью контроля стабильности качества продукции специально уполномоченными организациями. Инспекционные испытания проводят выборочно для контроля стабильности качества образцов готовой продукции и продукции, находящейся в эксплуатации. Их проводят специально уполномоченные организации в соответствии с НТД на эту продукцию.

Типовые испытания – контрольные испытания выпускаемой продукции, проводимые с целью оценки эффективности и целесообразности вносимых изменений в конструкцию, рецептуру или технологический процесс. Это испытания продукции одного типоразмера, по единой методике. Испытаниям подвергают образцы выпускаемой продукции, в конструкцию или технологический процесс изготовления которых внесены изменения. Проводит эти испытания изготовитель с участием представителей государственной приемки или испытательная организация. Программу испытаний устанавливают в зависимости от характера внесенных изменений.

Аттестационные испытания – испытания, проводимые для оценки уровня качества продукции при ее аттестации по категориям качества.

Сертификационные испытания – контрольные испытания продукции, проводимые с целью установления соответствия характеристик ее свойств национальным и международным НТД. Сертификационные испытания проводят для определения соответствия продукции требованиям безопасности и охраны окружающей среды, а в некоторых случаях

и важнейших показателей качества продукции: надежности, экономичности и т.д.

Сертификационные испытания – элемент системы мероприятий, направленных на подтверждение соответствия фактических характеристик продукции требованиям НТД с целью получения достоверной информации, при взаимоотношениях между изготовителями и потребителями продукции. Сертификационные испытания, как правило, проводят независимые от производителя испытательные центры. По результатам испытаний выдается сертификат или знак соответствия продукции требованиям НТД. Сертификация предполагает взаимное признание результатов испытаний поставщиком и потребителем продукции, что особенно важно при внешнеторговых операциях.

Подконтрольную эксплуатацию проводят для подтверждения соответствия продукции требованиям НТД в условиях ее применения, получения дополнительных сведений о надежности, рекомендаций по устранению недостатков, повышению эффективности применения, а также для получения данных, чтобы учесть их при последующих разработках. Для подконтрольной эксплуатации выделяют образцы, которым создают условия близкие к эксплуатационным. Для серийной продукции предпочтительно ставить на подконтрольную эксплуатацию образцы, прошедшие квалификационные или периодические испытания. Результаты подконтрольной эксплуатации (сведения об отказах, техническом обслуживании, ремонте, расходе запасных частей и др.) потребитель вносит в извещения, которые отправляют изготовителю (разработчику), или вносит в журнал на месте эксплуатации.

Эксплуатационные периодические испытания проводят для определения возможности или целесообразности дальнейшей эксплуатации (применения) продукции в том случае, если изменение ее показателя качества может создать угрозу безопасности, здоровью, окружающей среде, или привести к снижению эффективности ее применения. Испытаниям

подвергают каждую единицу эксплуатируемой продукции через установленные интервалы наработки или календарного времени. При испытаниях контролируют соответствие продукции нормам и требованиям по безопасности и экологии, установленным в НТД (стандартах, инструкциях, правилах), и соответствие продукции нормам и требованиям, определяющим эффективность ее применения и установленным в эксплуатационных документах.

Допускается совмещать следующие категории испытаний:

- предварительные с доводочными;
- приемочные с приемо-сдаточными – для продукции единичного производства;
- приемочные с квалификационными – при приемочных испытаниях головных или опытных образцов (опытных партий) с подготовленным технологическим процессом для серийного производства на этом этапе;
- периодические с типовыми – при согласии заказчика (основного потребителя).

Цель совмещения испытаний – экономия средств и времени. Причем совмещенные испытания должны обеспечивать совокупность всех проверок, предусмотренных для отдельных категорий испытаний. По результатам совмещенных испытаний, как правило, оформляют общий документ, отнесенный к первой из указанных категорий испытаний. В необходимых случаях оформляют отдельные документы по каждой категории испытаний.

Пример: при совмещении приемочных и квалификационных испытаний оформляют протокол приемочных испытаний: при совмещении периодических и типовых испытаний оформляют протоколы как тех, так и других испытаний.

4.7 Категории испытаний по условиям и месту проведения

По условиям и месту проведения различают испытания:

- лабораторные,
- стендовые,
- полигонные,
- натурные,
- испытания с использованием моделей,
- эксплуатационные.

Лабораторные испытания – испытания, проводимые в лабораторных условиях.

Стендовые испытания – проводимые на испытательном оборудовании в испытательных или научно-исследовательских подразделениях. Причем испытательное оборудование может серийно выпускаться, например, вибрационные стенды для испытаний на вибрацию, ударные стенды и другие, а может специально создаваться (проектироваться и изготавливаться) в процессе создания нового изделия для проведения их испытаний с целью получения каких-либо характеристик (показателей).

Понятие «испытательный стенд» в различных отраслях трактуется по-разному. Так, например, в технике вибрационных испытаний под вибрационным стендом понимается вибрирующий стол, на который устанавливается испытуемое изделие, а весь комплекс средств управления и измерения вместе со столом называют вибрационной установкой. Стенд для испытания двигателя, наоборот, включает в себя весь комплекс средств, необходимых для проведения этих испытаний. Имеются большие разногласия в толковании этого термина и в зарубежной терминологии. Поскольку термин «испытательное оборудование» как средство испытаний для воспроизведения условий испытаний полностью охватывает все толкования понятия «испытательный стенд», то соответственно, распространенный термин «стендовые испытания» определяется как испытания, проводимые на испытательном оборудовании.

Стендовые испытания отдельных агрегатов, узлов и деталей автомобиля на прочность и долговечность получают все большее развитие в автомобилестроении, постепенно заменяя при решении ряда технических вопросов дорожные и, в частности, полигонные испытания. При замене эксплуатационных испытаний стендовыми наибольшие успехи достигнуты в оценке усталостной прочности и долговечности конструкций. В последнее время заметно возросло значение стендовых испытаний на долговечность элементов конструкции автомобиля при разработке и доводке новых моделей. Анализ эксплуатационных отказов автомобилей показал, что основные причины, ограничивающие долговечность узлов и деталей автомобиля, – усталостное разрушение и износ. Физическая природа этих явлений различна, в связи с этим подход к их изучению путем проведения стендовых испытаний конструкции, а также выработка рекомендаций, повышающих ее ресурс, должны производиться по-разному при усталостном разрушении и при изнашивании. Обычно во время испытаний сложных агрегатов изнашивание и усталость развиваются одновременно и взаимосвязано, поэтому такие испытания дают достаточно полное представление о природе эксплуатационных дефектов агрегата. Вследствие этого испытания агрегатов получили довольно широкое развитие. Однако при проведении испытаний агрегатов из-за большого, количества побочных явлений часто невозможно получить точные количественные оценки – основу для выработки мероприятий по повышению усталостной прочности и износостойкости конструкции до необходимых значений.

Целесообразнее испытывать отдельные сопряжения или детали, отдельно воспроизводя в стендовых условиях износ или усталость. Такие испытания получили широкое распространение в автомобилестроении. В соответствии с различными задачами стендовых испытаний (испытания агрегатов в целом, испытания отдельных деталей на статическую прочность, усталостную прочность, испытание сопряжений на износ и др.) должны применяться разные стенды и методы испытаний. Даже в пределах одного

вида испытаний, например на прочность, требуются различные стенды и методики при испытании агрегатов и при испытании деталей. Стендовые испытания отдельных деталей автомобиля на прочность применяются все шире. Это объясняется тем, что прочность всего узла или агрегата, как правило, лимитируется прочностью нескольких деталей, а иногда и одной. Повышение прочности и долговечности слабого звена обычно ведет к увеличению ресурса всего узла или агрегата. Исследование прочности и долговечности только таких деталей и простейших узлов позволяет существенно уменьшить стоимость эксперимента, изготовить больше опытных образцов и изучить развитие повреждений при однотипных режимах, так как в этом случае эксплуатационную нагруженность детали можно воспроизвести более точно, чем при стендовых испытаниях всего агрегата. Это позволяет довольно просто решать многие вопросы, связанные с контролем качества продукции, отработкой оптимальной технологии изготовления отдельных деталей, разработкой оптимальной конструктивной формы деталей, а также производить оценку эксплуатационной долговечности отдельных элементов конструкции в стендовых условиях, имитируя эксплуатационные процессы нагружения. Большим преимуществом испытаний отдельных деталей и простейших узлов является возможность использования универсальных испытательных машин для деталей различных типов.

Полигонные испытания – испытания объекта, проводимые на испытательном полигоне.

Испытательный полигон – территория и испытательные сооружения на ней, оснащенные средствами и обеспечивающие испытания объекта в условиях, близких к условиям эксплуатации объекта.

Пример: Согласно ГОСТ 18610 метод полигонных испытаний стойкости древесины к загниванию заключается в определении их биостойкости в условиях контакта с грунтом и водой, а также защищающей способности защитных средств при различных поглощениях и способах

пропитки. Испытания проводят на ровных площадках в натуральной (биологически активной) без рыхления почве (поле, луг, лес), в свеженасыпных глубинных (биологически неактивных) грунтах (глина, песок) и в обжитых (старых) водоемах.

Для характеристики климатического фона испытаний, учитываемого при анализе результатов многолетних испытаний, подекадно измеряют значения следующих метеофакторов: температуры и относительной влажности воздуха, количества осадков.

Пример: Полигонные испытания ядерного и других видов оружия.

Натурные испытания – испытания объекта в условиях, соответствующих условиям его использования по прямому назначению с непосредственным оцениванием или контролем определенных характеристик свойств объекта. В данном случае испытываются не составные части изделия или его модель, а только непосредственно изготовленная продукция. Характеристики свойств изделия при натурных испытаниях определяются непосредственно без использования аналитических зависимостей, отражающих физическую структуру объекта испытаний или его частей. Натурные испытания реализуются в случае выполнения трех основных условий:

1. Испытаниям подвергается непосредственно изготовленная продукция (т.е. объект испытаний) без применения моделей изделия или его составных частей.

2. Испытания проводятся в условиях и при воздействиях на продукцию, соответствующих условиям и воздействиям использования по целевому назначению.

3. Определяемые характеристики свойств объекта испытаний измеряются непосредственно и при этом не используются аналитические зависимости, отражающие физическую структуру объекта испытаний и его составных частей. Допускается использование математического аппарата статистической обработки экспериментальных данных.

Пример: На испытания представлена радиолокационная станция (РЛС) кругового обзора. Целью испытаний является определение дальности обнаружения этой станцией летательного аппарата (ЛА) заданного типа с заданной отражающей поверхностью. В процессе испытаний проводятся полеты ЛА с заданной отражающей поверхностью по заранее избранным маршрутам, дальность обнаружения РЛС определяется непосредственно (координаты РЛС известны заранее, координаты ЛА известны для любого момента времени), момент времени обнаружения определяется в процессе испытаний. В данном случае все три приведенные выше условия выполнены. Следовательно, РЛС подвергнута натурным испытаниям.

Испытания останутся натурными, если вместо ЛА будет использовано некоторое физическое тело с характерными движениями, близкими к характеристикам ЛА заданного типа с заданной отражающей поверхностью.

В условиях примера испытания проводятся без использования ЛА. В процессе испытаний измеряется непосредственно чувствительность приемного тракта РЛС, мощность передатчика, частота излучаемой энергии и т.д. Результаты измерений подставляются в формулу радиолокации и определяется дальность обнаружения РЛС. В этом случае третье из приведенных выше условий не выполнено (фактически используется математическая модель – формула радиолокации) и испытания РЛС не являются натурными.

Пример: Сложный характер движения жидкости в насосах, невозможность выдержать одновременно все критерии подобия при моделировании кавитационных явлений, меняющиеся физические свойства и состояние перекачиваемой жидкости в значительной мере затрудняют пересчет результатов модельных испытаний и уменьшают его точность. В результате этого, а также вследствие возможных незначительных отклонений при изготовлении и монтаже отдельных элементов проточного тракта энергетические и кавитационные показатели различны не только

у натуральных и модельных насосов, но, в известных пределах, и у натуральных насосов одной серии. Поэтому окончательный, технически обоснованный вывод об индивидуальных особенностях рассматриваемого насоса можно сделать лишь на основании его натуральных испытаний. В процессе испытаний определяют оптимальные режимы эксплуатации и пределы бескавитационной работы, а также накапливают данные для совершенствования конструкций проектируемых насосов.

Испытания с использованием моделей включает проведение расчетов на математических или физико-математических моделях объекта и воздействий на него в сочетании с натурными испытаниями объекта и его составных частей (опытно-теоретический метод испытаний), применение физической модели объекта и его частей.

Эксплуатационные испытания – испытания объекта, проводимые при эксплуатации. Одним из основных видов эксплуатационных испытаний является опытная эксплуатация. Кроме того, может проводиться подконтрольная эксплуатация, которая в некоторой степени условно может быть отнесена также к эксплуатационным испытаниям. Подконтрольная эксплуатация представляет собой естественную эксплуатацию, ход и результаты которой наблюдаются персоналом, специально предназначенным и подготовленным для этой цели (дополнительным или штатным) и руководствующимся документацией, разработанной также специально для сбора, учета и первичной обработки информации, источником которой служит подконтрольная эксплуатация.

4.8 Категории испытаний по продолжительности

По продолжительности различают нормальные, ускоренные, сокращенные испытания.

Нормальные испытания – это испытания, методы и условия проведения которых обеспечивают получение необходимого объема

информации о характеристиках свойств объекта в такой же интервал времени, как и в предусмотренных условиях эксплуатации.

Ускоренные испытания –испытания, методы и условия проведения которых обеспечивают получение необходимой информации о характеристиках свойств объекта в более короткий срок, чем при нормальных испытаниях. Проведение ускоренных испытаний позволяет сокращать затраты средств и времени на создание продукции. Ускорение получения результатов испытаний может быть достигнуто за счет применения повышенных нагрузок, увеличения температур при термических испытаниях и т.д.

Параметр, показывающий во сколько раз уменьшается значение показателей долговечности или срок сохраняемости при испытаниях относительно заданных значений показателей долговечности или срока сохраняемости в эксплуатации (при хранении до ввода в эксплуатацию), называют коэффициентом ускорения испытаний. Существует три основных метода ускоренных испытаний:

- форсированные испытания (ужесточение режимов до граничных значений);
- прекращение испытаний до наступления отказа;
- комбинированный (совместное использование двух предыдущих).

Ускорения испытаний объектов достигают ужесточением воздействия факторов внешней среды. Повышенное воздействие на элементы и узлы аппаратуры приводит к сравнительно быстрому их изнашиванию и старению. При ускоренных испытаниях значения воздействующих на аппаратуру факторов (температура, влажность, электрические и механические нагрузки и др.) должны, как правило, превышать предельные значения, при которых еще сохраняется нормальная работа типовых функциональных узлов и аппаратуры.

Основной научной проблемой теории испытаний, в том числе ускоренных, является разработка и исследование моделей объектов и процессов их старения и изнашивания. В качестве основной модели старения и изнашивания принимают математическую модель в виде однородной или неоднородной марковской цепи.

Пример: Ускоренные испытания имеют цель выявить изменение параметров элементов и узлов аппаратуры при сокращении длительности испытаний и одновременной интенсификации режимов работы и условий эксплуатации радиоэлектронной аппаратуры.

Пример: Проведение ускоренных испытаний на надежность гидроприводов, для которых определяются режимы работы на определенных рабочих жидкостях; при определенных температурах рабочей жидкости и окружающей среды и т.д. Гидроприводы должны набирать ресурс посредством подачи периодически меняющегося электрического управляющего сигнала от генератора периодических колебаний или управляющего сигнала от механического (гидравлического) датчика. Сокращение времени ресурсных испытаний достигается за счет форсирования режимов испытания гидроприводов – скорости движения выходного звена, давления и температуры рабочей жидкости, нагрузки на выходном звене при сохранении остальных условий, состава, методик по испытанию на соответствие требованиям ТУ на гидропривод. Сокращение времени испытаний гидроприводов на усталость за назначенный ресурс достигается проведением испытаний при увеличенных нагрузках с сохранением эквивалентности по накоплению усталостных повреждений и (или) за счет увеличения частоты циклов нагружения. При испытаниях на усталость производится блочное нагружение гидропривода. Оптимальное число блоков за назначенный ресурс составляет 10–15.

Ускоренные испытания осуществляются, в основном, по следующим направлениям:

- минимизация времени испытания изделий при условии, что надежность аппаратуры не ниже требуемого значения; эта задача может быть решена путем оптимизации (стабилизации) режимов и условий испытаний, обеспечивающих достижение требований полноты выявления дефектов;
- определение оптимального значения параметров надежности с использованием информации о характере случайного процесса возникновения отказов из условия получения максимальной эффективности применения данного вида (метода) испытаний.

Сокращенные испытания – испытания, проводимые по сокращенной программе.

4.9 Категории испытаний по результату воздействия

По результату воздействия испытания делят на категории: неразрушающие, разрушающие, испытания на стойкость, испытания на прочность.

Неразрушающие испытания – это испытания, при которых объект испытаний после проведения испытаний может функционировать (эксплуатироваться).

Разрушающие – это испытания, при которых объект после проведения испытаний не может быть использован для эксплуатации.

Данные категории испытаний необходимо рассматривать в контексте с испытаниями на воздействии внешних факторов, что будет сделано в соответствующем подразделе.

Испытания на стойкость проводят с целью оценки сопротивляемости объекта внешним воздействующим факторам.

Пример: Испытания на стойкость к межкристаллитной коррозии металлопродукции из коррозионно-стойких сталей и сплавов, в том числе двухслойных, аустенитного, ферритного, аустенитно-ферритного, аустенитно-мартенситного классов, а также их сварных соединений

и наплавленного металла согласно ГОСТ 5632 предполагают проверку наличия дефектов сварных соединений, кристаллизационных трещин путем высокотемпературного воздействия на объект и проведение ультразвукового контроля.

Пример: Испытания на стойкость полов помещений к ударным воздействиям проводят с помощью копров на опытных участках, устраиваемых по бетонному подстилающему слою из бетона класса по прочности на сжатие В25 толщиной не менее 100 мм, выполненному по грунтовому основанию реальных полов, например, при приемке их в эксплуатацию. Копер состоит из двух вертикальных направляющих, прикрепленных под прямым углом к площадке с прорезью для прохода гирь, опирающейся на три винта для регулировки вертикального положения направляющих; направляющие снабжены выдвижными штырями для фиксации гири на высоте (1000 ± 5) мм и направляющим роликом для поднятия гири; площадка с прорезью оснащена двумя взаимно перпендикулярно расположенными уровнями. Опытный участок пола должен включать все элементы (прослойку, стяжку, покрытие) с соблюдением их толщины, регламентированной соответствующими нормативными документами. Допускается проводить испытания

Пример: Испытания электронной аппаратуры на стойкость к воздействию акустического шума. Акустический шум может вызвать значительную вибрацию компонентов и комплектных изделий. В поле акустического шума звуковые колебания могут воздействовать непосредственно на образец, а вибрационная реакция образца может отличаться от вибраций, вызванных внешним механическим воздействием. Особенно чувствительными к акустическому воздействию являются относительно легкие изделия, размеры которых сравнимы с длиной акустической волны в рассматриваемом частотном диапазоне и для которых значение массы, приходящейся на единицу поверхности, невелико (например, дисковые антенны или солнечные батареи, электронные

устройства, печатные платы, электропроводка, оптические элементы и т.п.). Испытание применимо к встроенным элементам, комплектным изделиям и оборудованию, которые могут быть подвергнуты звуковому давлению высокого уровня и/или которые предназначены для функционирования в условиях высокого звукового давления. Необходимо отметить, что в условиях эксплуатации изделие может подвергаться одновременно акустическому и внешнему механическому воздействиям.

Испытания на прочность –испытания, проводимые для определения значений воздействующих факторов, вызывающих выход значений характеристик свойств объекта за установленные пределы или его разрушение.

Пример: Гидравлическое испытание трубопроводов на прочность должно производиться преимущественно в теплое время года при положительной температуре окружающего воздуха. Для гидравлических испытаний должна применяться, как правило, вода с температурой не ниже плюс 5 °С и не выше плюс 40 °С или специальные смеси (для трубопроводов высокого давления). Испытываемый трубопровод допускается заливать водой посредственно от водопровода или насосом при условии, чтобы давление, создаваемое в трубопроводе, не превышало испытательного давления. Требуемое давление при испытании создается гидравлическим прессом или насосом, подсоединенным к испытываемому трубопроводу через два запорных вентиля. После достижения испытательного давления трубопровод отключается от прессы или насоса.

Пример: Испытания ступени лестницы на прочность. Испытаниям подлежат ступеньки вертикальных и маршевых лестниц, а также ограждения лестниц и крыш зданий. Прочность балки крепления вертикальной лестницы к стене здания проверяется путем прикладывания вертикально вниз нагрузки в месте крепления балки к лестнице. Нагрузка удерживается в течение 2 мин. После снятия нагрузки остаточной деформации и нарушения целостности конструкции быть не должно.

Испытания на устойчивость –испытания, проводимые для контроля способности изделия выполнять свои функции и сохранять значения параметров в пределах установленных норм во время действия на него определенных факторов.

Пример: Испытания радиоаппаратуры на устойчивость к электромагнитным помехам, электростатическим разрядам, воздействию излучения электромагнитного поля.

Пример: Испытаний мебели корпусной на устойчивость, прочность и деформируемость.

Пример: Испытаний конструкций защитных механических и электромеханических для дверных и оконных проемов на устойчивость к разрушающим воздействиям. Устойчивость защитной конструкции к пробиванию метательным снарядом или путей патрона — способность защитной конструкции противостоять пробиванию метательным снарядом или пулей без сквозных пробоин.

Кроме того, категории испытаний на вибростойкость и вибропрочность были рассмотрены ранее.

4.10 Категории испытаний по определяемым характеристикам объекта

По определяемым характеристикам объекта различают следующие категории испытаний:

- функциональные испытания;
- испытания на надежность;
- испытания на безопасность;
- испытания на транспортабельность;
- граничные испытания;
- технологические испытания.

Функциональные испытания –испытания, проводимые с целью определения значений показателей назначения объекта. Показатели назначения характеризуют свойства продукции, определяющие основные функции, для выполнения которых она предназначена. Они отражают уровень качества продукции с точки зрения ее основного назначения (производительность, мощность, грузоподъемность и т.д. и т.п.), а также полезный эффект от эксплуатации (потребления) продукции. Показатели назначения иногда еще называют конструктивными показателями

Пример: Функциональные испытания технологических систем – это проверка после окончания строительно-монтажных работ функционирования данных систем (гидрозолоудаление, химводоочистка, топливно-транспортное хозяйство, маслохозяйство и др.) либо приборов и устройств систем управления и контроля. Функциональным испытаниям предшествует комплексная наладка и проверка правильности функционирования подсистем в целях обеспечения их работоспособности при взаимодействии с технологическими объектами управления. Функциональные испытания систем управления проводятся сначала от имитатора, а затем с механизмами или другими объектами управления.

Пример: Проведение функциональных испытаний коммуникационных сетей и систем на подстанциях в соответствии с МЭК 61850 позволило достигнуть значительное расширение их возможностей и их внедрения в продуктах.

Пример: Устойчивость к электромагнитным помехам технических средств охранной сигнализации. Многообразие и различия технических средств охранной сигнализации затрудняют установление функциональных испытаний для оценки качества функционирования. ГОСТ Р 51699 устанавливает требования устойчивости к электромагнитным помехам (помехоустойчивости) стационарных, передвижных и портативных (носимых) электротехнических, электронных и радиоэлектронных изделий и аппаратуры, входящих в состав систем охранной сигнализации, в том числе

предназначенных для передачи и (или) приема радиосигналов и сигналов в коммутируемых общественных линиях проводной связи и низковольтных электрических сетях, а также входящих в состав систем охранного телевидения и систем контроля доступа, применяемых для целей безопасности.

Испытания на надежность –испытания, проводимые для определения показателей надежности в заданных условиях.

Термины и определения основных понятий, используемых в теории надежности, даны в ГОСТ 27.002. Каждый объект характеризуется рядом выходных качественных параметров, допустимые значения которых в процессе эксплуатации оговорены в нормативно-технической (стандарты, технические условия) и (или) конструкторской (проектной) документации.

Надежность –свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.

Показатель надежности –количественная характеристика одного или нескольких свойств, составляющих надежность объекта.

Под номенклатурой показателей надежности понимают состав показателей, необходимый и достаточный для характеристики объекта или решения поставленной задачи. Полный состав номенклатуры показателей надежности, из которой выбираются показатели для конкретного объекта и решаемой задачи, установлен ГОСТ 27.002. Показатели надежности принято классифицировать по следующим признакам:

- 1) по свойствам надежности различают:
 - показатели безотказности;
 - показатели долговечности;
 - показатели ремонтпригодности;
 - показатели сохраняемости;
- 2) по числу свойств надежности, характеризуемых показателем,

различают:

- единичные показатели (характеризуют одно из свойств надежности);

- комплексные показатели (характеризуют одновременно несколько свойств надежности, например, безотказность и ремонтпригодность);

3) по числу характеризуемых объектов различают:

- групповые показатели;
- индивидуальные показатели;
- смешанные показатели.

С позиций надежности объект может находиться в следующих технических состояниях: исправное, неисправное, работоспособное, неработоспособное и предельное.

Исправное состояние – состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Если хотя бы по одному из требований объект не соответствует нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации, состояние объекта считается **неисправным**.

Повреждение – событие, заключающееся в нарушении исправного состояния объекта при сохранении работоспособного состояния.

Работоспособное состояние – состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Состояние объекта, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации, называется **неработоспособным**.

Для сложных объектов возможно наличие нескольких работоспособных состояний, отличающихся уровнем эффективности применения объекта. Возможно также наличие нескольких неработоспособных состояний, при этом из всего множества неработоспособных состояний выделяют частично неработоспособные состояния, при которых объект способен частично выполнять требуемые функции.

Понятие «исправное состояние» является более «жестким» по отношению к объему требований, предъявляемых к объекту, чем понятие «работоспособное состояние» (рис. 4.3).

Исправный объект всегда работоспособен. Работоспособный объект, в отличие от исправного, удовлетворяет не всем требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации, а лишь тем, которые обеспечивают его нормальное функционирование. При этом он может не удовлетворять, например, требованиям, относящимся к его внешнему виду (иметь местные нарушения лакокрасочного покрытия, вмятины на кожухах ограждений и т.п.). Работоспособный объект может быть неисправным, однако, его повреждения при этом не настолько существенны, чтобы они могли препятствовать функционированию объекта.



Рис. 4.3. Соотношение понятий «исправное состояние», «работоспособное состояние»

Отказ – событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта.

Критерий отказа – признак или совокупность признаков неработоспособного состояния объекта, установленных в нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Типичные критерии отказов:

- прекращение выполнения объектом заданных функций (отказ функционирования); снижение качества функционирования по одному или нескольким из выходных параметров (производительность, мощность, точность и др.) за пределы допускаемого уровня (параметрический отказ);
- искажения информации на выходе объектов, имеющих в своем составе ЭВМ или другие устройства дискретной техники из-за сбоев;
- внешние проявления, связанные с наступлением или предпосылками наступления неработоспособного состояния (шум, вибрации, перегрев и др.).

Надежность – сложное обобщенное свойство, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения может включать в себя безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость или определенные сочетания этих частных свойств, охватываемых понятием «надежность».

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

Под **наработкой** понимается продолжительность или объем работы объекта. Размерность наработки определяется видом объекта и особенностями его применения, например, наработка двигателя измеряется в мото-часах, автомобиля – в километрах пробега, станка-автомата – количеством обработанных деталей, реле – количеством циклов срабатывания и т.п. Нарботка может определяться до отказа, между отказами, до наступления предельного состояния или до некоторого фиксированного момента времени.

Предельное состояние – состояние объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо

восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно.

Критерий предельного состояния – признак или совокупность признаков предельного состояния объекта, установленные нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документацией.

Типичные критерии предельных состояний:

- отказ одной или нескольких составных частей, восстановление или замена которых на месте эксплуатации не предусмотрены эксплуатационной документацией (должны выполняться на предприятии-изготовителе или на специализированном ремонтном предприятии);
- механический износ ответственных деталей (узлов) или снижение физических (химических) свойств материалов до предельно допустимого уровня;
- снижение наработки на отказ (повышение интенсивности отказов) ниже (выше) допустимого уровня;
- повышение установленного уровня текущих (суммарных) затрат на техническое обслуживание и ремонт или другие признаки, определяющие экономическую нецелесообразность дальнейшей эксплуатации.

Показатели безотказности невосстанавливаемых объектов:

- **вероятность безотказной работы** $P(t)$ – вероятность того, что в пределах заданной наработки t отказ объекта не возникает;
- **средняя наработка до отказа** \bar{t} – математическое ожидание наработки объекта до отказа, это есть «центр тяжести» распределения данной случайной величины;
- **гамма-процентная наработка до отказа** t_g – наработка до отказа, которая обеспечивается для объектов рассматриваемого типа;
- **интенсивность отказов** $I(t)$ – условная плотность вероятности возникновения отказа невосстанавливаемого объекта, определяемая для рассматриваемого момента наработки t при условии, что до этого момента отказ не возник;

- **установленная наработка до отказа** t_y – групповой показатель безотказности, соответствующий гамма-процентной наработке до отказа при определенной вероятности.

Для характеристики безотказности восстанавливаемых объектов при рассмотрении периода до первого отказа или между двумя последовательными отказами могут использоваться те же показатели, что и для невосстанавливаемых объектов, однако используются и специфические показатели:

- **средняя наработка на отказ** T – отношение суммарной наработки восстанавливаемого объекта к математическому ожиданию числа его отказов в течение этой наработки;

- **параметр потока отказов** $w(t)$ – отношение математического ожидания числа отказов восстанавливаемого объекта за достаточно малую его наработку к значению этой наработки. Иными словами, параметр потока отказов есть производная по наработке от ведущей функции потока отказов;

- **осредненный параметр потока отказов** ν – отношение математического ожидания числа отказов восстанавливаемого объекта за конечную наработку к значению этой наработки.

Долговечность – свойство объекта сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта. Основное отличие понятий «безотказность» и «долговечность» состоит в том, что понятие «безотказность» предполагает как бы самостоятельную работу объекта без какого-либо вмешательства извне для поддержания его работоспособности. Понятие «долговечность» предполагает рассмотрение работоспособности объекта за весь период его эксплуатации и учитывает, что длительная работа объекта (особенно сложного) невозможна без проведения мероприятий по поддержанию и восстановлению его работоспособности, утрачиваемой в процессе эксплуатации.

Показатели долговечности могут выражаться через *ресурс* или *срок службы* – календарную продолжительность эксплуатации объекта от начала его применения (возобновления эксплуатации после ремонта) до наступления предельного состояния.

К показателям долговечности относятся:

- *гамма-процентный ресурс* t_{pg} – наработка, в течение которой объект не достигает предельного состояния с заданной вероятностью;
- *средний ресурс* \bar{t}_p – математическое ожидание ресурса объекта;
- *гамма-процентный срок службы* t_{cg} – календарная продолжительность эксплуатации, в течение которой объект не достигает предельного состояния с заданной вероятностью;
- *средний срок службы* \bar{t}_c – математическое ожидание срока службы объекта;
- *назначенный ресурс* – суммарная наработка, при достижении которой эксплуатация объекта должна быть прекращена независимо от его технического состояния (аналогично определяются понятия «назначенный срок службы», «назначенный срок хранения»);
- *остаточный ресурс (остаточный срок службы)* – суммарная наработка (календарная продолжительность эксплуатации) объекта от момента контроля его технического состояния до перехода в предельное состояние.

Ремонтпригодность – свойство объекта, заключающееся в его приспособленности к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем технического обслуживания и ремонта. Ремонтпригодность объекта характеризуется оперативной продолжительностью (трудоемкостью) операций обнаружения отказа, поиска его причин и устранения причин и последствий отказа. При этом следует учитывать, что полная продолжительность восстановления работоспособного состояния объекта, кроме оперативной продолжительности (времени, затрачиваемого непосредственно на операции по восстановлению работоспособности

объекта), которая зависит от уровня ремонтпригодности объекта, включает в себя время, затрачиваемое на организационные мероприятия (поиск ремонтной документации, доставка запасных частей и т.п.), продолжительность которого не связана с уровнем ремонтпригодности объекта.

Показателями ремонтпригодности являются:

- **вероятность восстановления** $P(t_B)$ – вероятность того, что время восстановления объекта не превысит заданное;
- **гамма-процентное время восстановления** t_{Bg} – время восстановления, достигаемое объектом с заданной вероятностью;
- **среднее время восстановления** \bar{t}_B – математическое ожидание времени восстановления работоспособности объекта;
- **интенсивность восстановления** $m(t_B)$ – условная плотность вероятности восстановления работоспособного состояния объекта, определяемая для рассматриваемого момента времени t_B при условии, что до этого момента восстановление не было завершено;
- **средняя трудоемкость восстановления** – математическое ожидание трудоемкости восстановления объекта после отказа.

Сохраняемость – свойство объекта сохранять в заданных пределах значения параметров, характеризующих способность объекта выполнять требуемые функции, в течение и после хранения и (или) транспортирования. Это свойство особенно важно для объектов, для которых предусмотрена сезонная эксплуатация (сельскохозяйственные, снегоуборочные машины) или которые применяют по назначению в аварийных или особых условиях (противопожарная техника, средства аварийной сигнализации и т.п.).

Показатели сохраняемости:

- **гамма-процентный срок сохраняемости** t_{cxg} – срок сохраняемости, достигаемый объектом с заданной вероятностью, выраженной в процентах;

- **средний срок сохраняемости** $\overline{t_{CX}}$ – математическое ожидание срока сохраняемости;
- **назначенный срок хранения** – срок хранения, по достижении которого хранение объекта должно быть прекращено независимо от его технического состояния.

Комплексными показателями надежности являются:

- **коэффициент готовности** $K_r(t)$ – вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривается (например, профилактика, техническое обслуживание, ожидание использования по назначению и т.д.);
- **коэффициент оперативной готовности** $K_{or}(t_0, t_1)$ – вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени t_0 , кроме планируемых периодов, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривается, и, начиная с этого момента, будет работать безотказно в течение заданного интервала времени D_i ;
- **коэффициент технического использования** K_{mi} – отношение математического ожидания суммарного времени пребывания объекта в работоспособном состоянии за некоторый период эксплуатации к математическому ожиданию суммарного времени пребывания объекта в работоспособном состоянии и простоев, обусловленных техническим обслуживанием и ремонтом за тот же период;
- **коэффициент сохранения эффективности** $K_{эф}$ – отношение значения показателя эффективности использования объекта по назначению за определенную продолжительность эксплуатации к номинальному значению этого показателя, вычисленному при условии, что отказы объекта в течение того же периода не возникают.

Типичная кривая изменения интенсивности отказов невосстанавливаемого объекта (параметра потока отказов восстанавливаемого объекта) с ростом наработки (I – характеристика

объекта) приведена на рис. 4.4. На этой кривой выделяют три характерных участка:

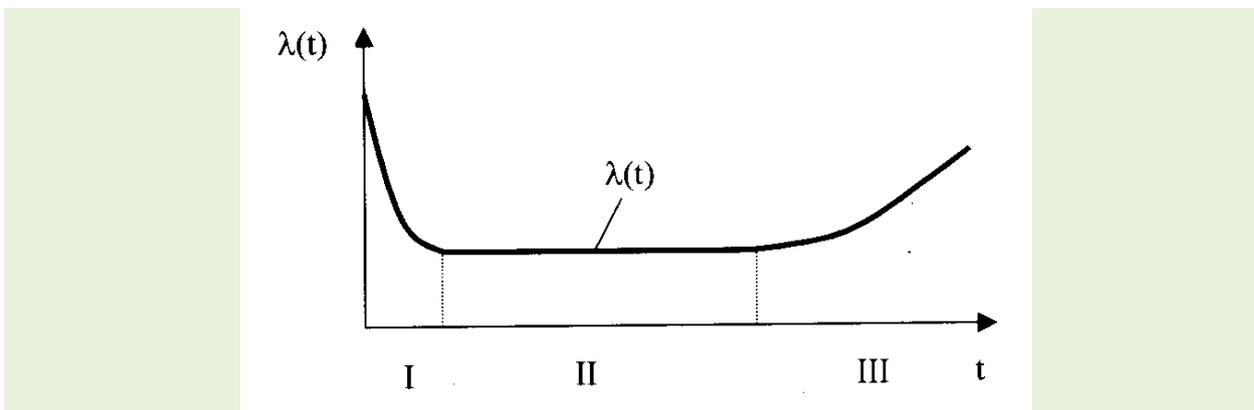


Рис. 4.4. Кривая изменения интенсивности отказов невосстанавливаемого объекта

I. **Начальный период эксплуатации.** Повышенный уровень интенсивности отказов на этом участке объясняется наличием скрытых дефектов изготовления, которые, проявляясь в начальный период эксплуатации, приводят к отказам объекта.

II. **Период нормальной эксплуатации.** В течение этого периода, когда уровень накопленных износных повреждений еще не настолько высок, чтобы вызвать ухудшение выходных качественных параметров объекта, интенсивность отказов (параметр потока отказов) обычно имеет стабильно низкое значение, уровень которого определяется особенностями вида объекта, его исходным качеством, режимами и условиями эксплуатации. Обычно на этом периоде эксплуатации наблюдается несколько характерных для объекта видов внезапных отказов (для технологической системы обработки материалов резанием, например, это поломки мелкоразмерного инструмента, поломки деталей предохранительных устройств и т.п.), которые в совокупности определяют уровень интенсивности отказов (параметра потока отказов) на этом участке.

III. **Заключительный период эксплуатации.** В течение этого периода эксплуатации происходит прогрессивное ухудшение выходных параметров объекта, вызванное накопленными износными

и деградационными повреждениями, что вызывает монотонное возрастание интенсивности отказов (параметра потока отказов).

Изменения, которые происходят с течением времени в любом объекте и приводят к потере им работоспособности, связаны с внешними и внутренними энергетическими воздействиями, которым подвергается объект во время эксплуатации. При этом имеется три основных источника воздействий:

- 1) **действие энергии окружающей среды**, включая человека, выполняющего функции оператора и ремонтника;
- 2) **внутренние источники энергии**, связанные с рабочими процессами, протекающими в объекте;
- 3) **накопленная потенциальная энергия** материалов, из которых изготовлен объект (внутренние напряжения в отливках, монтажные напряжения и т.п.)

Процессы, снижающие работоспособность объекта, по признаку скорости их протекания можно разделить на три группы:

1. Быстропротекающие процессы имеют периодичность изменения, составляющую малую долю продолжительности рабочего цикла объекта.

Сюда можно отнести:

- вибрации деталей и узлов;
- изменения сил трения в подвижных сопряжениях;
- колебания уровня рабочих нагрузок и другие процессы, искажающие рабочий цикл объекта.

2. Процессы средней скорости, имеющие периодичность, сравнимую с длительностью рабочего цикла объекта. Они приводят к монотонному изменению выходных параметров объекта. Сюда можно отнести:

- необратимый процесс изнашивания режущего инструмента, периодичность которого определяется периодом стойкости режущего инструмента (интенсивность изнашивания инструмента на несколько

порядков превосходит интенсивность изнашивания деталей подвижных сопряжений);

- обратимые процессы тепловых деформаций, обусловленные как диссипацией энергии рабочих процессов, так и суточными колебаниями температуры окружающей среды.

Обратимые процессы (в отличие от необратимых) временно изменяют выходные параметры объекта без тенденции прогрессивного ухудшения. Следует отметить, что в ряде случаев обратимый процесс может инициировать необратимый процесс, приводящий к накоплению повреждений, например, тепловая деформация шпинделя металлорежущего станка может привести к возрастанию нагрузки на подшипники и их ускоренному износу или поломке, т.е. отказу.

3. Медленные процессы имеют периодичность, сравнимую с длительностью межремонтного периода. К ним можно отнести:

- процессы изнашивания деталей подвижных сопряжений;
- перераспределение внутренних напряжений в деталях вследствие процесса старения материалов;
- ползучесть материалов;
- процессы коррозии;
- загрязнение трущихся поверхностей деталей.

Обычными методами борьбы с последствиями медленных процессов являются периодические ремонты и технические обслуживания.

Виды повреждений объектов и их составных частей и соответствующие им отказы можно разбить на две группы.

- Допустимые повреждения, возникающие при нормальных условиях эксплуатации (износ режущего инструмента, износ направляющих станка, поломки мелкоразмерного инструмента и деталей предохранительных устройств и т.п.). Полностью устранить этот вид повреждений невозможно, но можно замедлить их проявление.

- Недопустимые повреждения, возникающие вследствие наличия дефектов или случайных неконтролируемых внешних причин, непосредственно не связанных с техническим состоянием рассматриваемого объекта (аварии, стихийные бедствия и т.п.).

4. Характер изменения выходного параметра объекта до момента возникновения отказа. По этому признаку различают следующие виды отказов:

- внезапные отказы;
- постепенные (износные) отказы;
- сложные отказы.

5. Возможность последующего использования объекта после возникновения отказа. По этому признаку различают:

- полные отказы;
- частичные отказы.

6. Связь между отказами объекта. По этому признаку различают:

- независимые отказы;
- зависимые отказы.

7. Устойчивость состояния неработоспособности. По этому признаку различают:

- устойчивые отказы;
- самоустраняющиеся отказы;
- сбои;
- перемежающиеся отказы.

8. Наличие внешних проявлений отказа. По этому признаку различают:

- явные отказы;
- скрытые отказы.

9. Причина возникновения отказа. По этому признаку различают:

- конструктивные отказы;
- производственные отказы;

- эксплуатационные отказы;
 - деградационные отказы.
10. Природа происхождения отказа. По этому признаку различают:
- естественные отказы;
 - искусственные отказы.
11. Время возникновения отказа. По этому признаку различают:
- отказы при испытаниях;
 - приработочные отказы;
 - отказы периода нормальной эксплуатации;
 - отказы последнего периода эксплуатации.
12. Возможность устранения отказа. По этому признаку различают:
- устранимые отказы;
 - неустранимые отказы.
13. Критичность отказа (уровень прямых и косвенных потерь, трудоемкость восстановления). По этому признаку различают:
- критические отказы;
 - некритические отказы (существенные и несущественные).

Постепенные (износные) отказы возникают в результате постепенного протекания того или иного процесса повреждения, прогрессивно ухудшающего выходные параметры объекта.

Основным признаком постепенного отказа является монотонно возрастающий характер зависимости интенсивности отказов от наработки объекта.

Внезапные отказы возникают в результате сочетания неблагоприятных факторов и случайных внешних воздействий, превышающих возможности объекта к их восприятию. Внезапные отказы характеризуются скачкообразным характером зависимости степени повреждения объекта от наработки при $t > T_B$, где T_B — время (наработка), соответствующее возникновению причины, вызывающей внезапный отказ.

Отказ, который включает особенности двух предыдущих, называется **сложным отказом**.

К **полным отказам** относятся отказы, после которых использование объекта по назначению невозможно (для восстанавливаемых объектов — невозможно до проведения восстановления).

Частичные отказы – отказы, после возникновения которых объект может быть использован по назначению, но с меньшей эффективностью или когда вне допустимых пределов находятся значения не всех, а одного или нескольких выходных параметров.

Независимый отказ – отказ, не обусловленный другими отказами или повреждениями объекта.

Зависимый отказ – отказ, обусловленный другими отказами или повреждениями объекта.

Устойчивые отказы – отказы, которые можно устранить только путем восстановления (ремонта).

Отказы, устраняемые без операций восстановления путем регулирования или саморегулирования, относятся к **самоустраняющимся**.

Сбой – самоустраняющийся отказ или однократный отказ, устраняемый незначительным вмешательством оператора.

Перебегающий отказ – многократно возникающий самоустраняющийся отказ одного и того же характера.

Явный отказ – отказ, обнаруживаемый визуально или штатными методами и средствами контроля и диагностирования при подготовке объекта к применению или в процессе его применения по назначению.

Скрытый отказ – отказ, не обнаруживаемый визуально или штатными методами и средствами контроля и диагностирования, но выявляемый при проведении технического обслуживания или специальными методами диагностики.

Большинство параметрических отказов относятся к категории скрытых.

Конструктивный отказ – отказ, возникший по причине, связанной с несовершенством или нарушением установленных правил и (или) норм проектирования и конструирования.

Производственный отказ – отказ, возникший по причине, связанной с несовершенством или нарушением установленного процесса изготовления или ремонта, выполняемого на ремонтном предприятии.

Эксплуатационный отказ – отказ, возникший по причине, связанной с нарушением установленных правил и (или) условий эксплуатации.

Причиной конструктивных, производственных и эксплуатационных отказов является наличие соответствующих дефектов.

Деградационный отказ – отказ, обусловленный естественным процессом старения, изнашивания, коррозии и усталости при соблюдении всех установленных правил и (или) норм проектирования, изготовления и эксплуатации.

Искусственные отказы вызываются преднамеренно, например, с исследовательскими целями, с целью необходимости прекращения функционирования и т.п.

Отказы, происходящие без преднамеренной организации их наступления в результате направленных действий человека (или автоматических устройств), относят к категории естественных отказов.

С точки зрения надежности системы могут иметь следующие **виды структур**:

- **Расчлененная структура.** Показатели надежности элементов систем с расчлененной структурой формируются независимо и могут быть заранее определены, так как отказы элементов в таких системах рассматриваются как случайные события, независимые от состояния других элементов системы. Все элементы расчлененных систем имеют только выходные параметры типа X_1 , т.е. влияющие лишь на работоспособность самого элемента;

- **Связанная структура.** Такой вид структуры имеют системы, в которых отказы отдельных элементов являются случайными событиями,

вероятность которых зависит от состояния других элементов (элементы имеют выходные параметры типа X_3). В таких системах рассматривать элементы изолированно друг от друга и определять для них показатели надежности нельзя. Необходимо рассматривать систему в целом, а также учитывать участие каждого элемента, имеющего выходные параметры типа X_2 , в формировании выходных параметров системы в целом;

- **Комбинированная структура.** Системы с комбинированной структурой можно рассматривать как расчлененные, состоящие из подсистем со связанной структурой и независимым формированием показателей надежности для каждой из подсистем.

Следует отметить, что для технологических систем, применяемых в машиностроении, наиболее характерен комбинированный вид структуры.

Надежность систем с последовательным соединением элементов. Наиболее типичной является модель надежности с последовательным соединением элементов. К таким системам относятся все объекты, у которых отказ хотя бы одного из элементов приводит к потере работоспособности объекта в целом. Например, при отказе любого из элементов привода главного движения станка (электродвигатель, ременная передача, валы, детали передач зацеплением, муфты, вилки переключения и т.д.) происходит отказ функционирования привода. При этом конструктивное соединение элементов не обязательно должно быть последовательным. Рассмотрим последовательную систему, состоящую из n элементов (рис. 4.5).

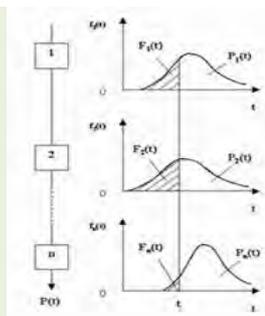


Рис. 4.5. Схема с последовательным соединением элементов

С каждым i -м элементом системы в любой рассматриваемый момент времени (наработки) связаны два противоположных случайных события:

- событие A_i – работоспособное состояние i -го элемента; вероятность этого события для элемента расчлененной системы может быть заранее установлена:

$$P(A_i) = P_i(t) = p_i;$$

- событие \bar{A}_i – отказ i -го элемента; вероятность этого события:

$$P(\bar{A}_i) = F_i(t) = q_i = 1 - p_i.$$

Структурная формула для события A (работоспособное состояние системы в целом):

$$A = A_1 \cdot A_2 \cdot \dots \cdot A_n = \prod_{i=1}^n A_i.$$

На основании формулы умножения вероятностей независимых в совокупности случайных событий вероятность безотказной работы системы в рассматриваемый момент времени (наработки) составит:

$$P(t) = P(A) = \prod_{i=1}^n P(A_i) = \prod_{i=1}^n P_i(t) = \prod_{i=1}^n p_i$$

Во всех случаях: $P(t) \leq \min[P_i(t)]$.

При экспоненциальном распределении наработки до отказа для каждого из элементов (отказы только внезапные), т.е. $P_i(t) = e^{-\lambda_i t}$ (λ_i – интенсивность отказов i -го элемента), вероятность безотказной работы системы составит:

$$P(t) = e^{-\Lambda t},$$

где $\Lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i$ — интенсивность отказов системы.

Средняя наработка до отказа системы: $\bar{t} = \frac{1}{\Lambda}$.

Надежность систем с параллельным соединением элементов.

Структурное резервирование элементов систем. К системам с параллельной структурой относятся такие, в которых отказ всей системы происходит в случае, когда отказали все элементы системы или определенное число элементов. В системах с параллельной структурой используется принцип

структурного резервирования элементов систем. Рассмотрим различные варианты реализации этого принципа.

При постоянном резервировании (рис. 4.6) резервные элементы постоянно присоединены к основному и с самого начала работы системы подвергаются опасности отказа.

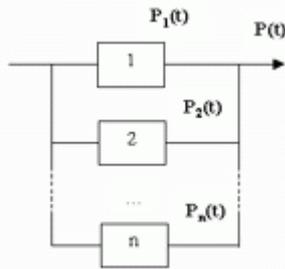


Рис. 4.6. Постоянное резервирование элемента системы

Структурные формулы для безотказной работы и отказа для такой системы имеют вид:

$$A = A_1 + A_2 + \dots + A_n = \sum_{i=1}^n A_i;$$

$$\bar{A} = \bar{A}_1 \cdot \bar{A}_2 \cdot \dots \cdot \bar{A}_n = \prod_{i=1}^n \bar{A}_i.$$

На основании структурной формулы отказа с использованием формулы умножения вероятностей независимых в совокупности случайных событий, вероятность отказа системы в рассматриваемый момент времени t составит:

$$F(t) = P(\bar{A}) = \prod_{i=1}^n P(\bar{A}_i) = \prod_{i=1}^n q_i = \prod_{i=1}^n (1 - p_i).$$

Вероятность безотказной работы системы:

$$P(t) = 1 - F(t) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_i).$$

Если все элементы системы одинаковы и отказы только внезапные, т.е. $p_i = e^{-\lambda t}$, то вероятность безотказной работы системы:

$$P(t) = 1 - (1 - e^{-\lambda t})^n.$$

Функция плотности распределения наработки до отказа системы:

$$f(t) = \frac{dP(t)}{dt} = \lambda n (1 - e^{-\lambda t})^{n-1}.$$

Интенсивность отказов системы:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)} = \frac{\lambda n (1 - e^{-\lambda t})^{n-1}}{1 - (1 - e^{-\lambda t})^n}.$$

Из последней формулы следует, что безотказность параллельных систем при малой наработке весьма высока.

Полезным временным понятием является остаточная наработка до отказа q_t – наработка объекта от момента контроля его технического состояния t до отказа:

$$\theta_t = \theta_l - t.$$

Вероятность безотказной работы $P(t)$ – вероятность того, что в пределах заданной наработки t отказ объекта не возникает:

$$P(t) = P(\theta_1 \geq t) = \int_t^{\infty} f(t)dt = 1 - F(t) = 1 - \int_0^t f(t)dt,$$

где θ_1 – наработка объекта до отказа (случайная величина); $f(t)$ – функция плотности распределения случайной величины; $F(t)$ – вероятность отказа (интегральная функция распределения случайной величины):

$$F(t) = P(\theta_1 < t) = \int_0^t f(t)dt.$$

Имеют место дифференциальные соотношения:

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = -\frac{dP(t)}{dt}$$

Следовательно, вероятность безотказной работы $P(t)$ и вероятность отказа $F(t)$ равны площади под кривой функции плотности распределения $f(t)$ на интервалах $[0,t]$ и (t,∞) , соответственно (рис. 4.7).

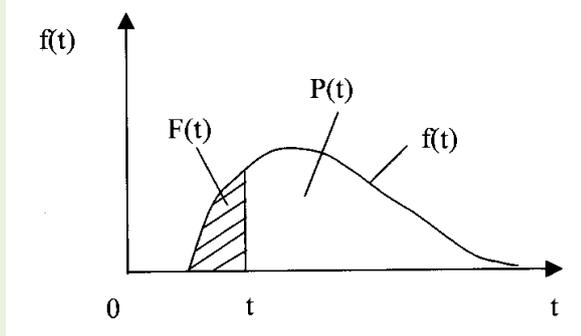


Рис. 4.7. Графическая интерпретация вероятности безотказной работы и вероятности отказа

4.10.3 Испытания на безопасность

Безопасность – свойство объекта при изготовлении и эксплуатации и в случае нарушения работоспособного состояния не создавать угрозу для

жизни и здоровья людей, а также для окружающей среды. Эти испытания направлены на предотвращение травм и повреждений у человека, которые могут быть вызваны следующими факторами:

- поражение электрическим током;
- энергетическая опасность;
- пожар;
- механическая и термическая опасности;
- опасные излучения;
- химическая опасность.

Безопасность не входит в понятие «надежность», но в определенных условиях тесно связана с ним, например, если отказы могут привести к условиям, вредным для людей и окружающей среды сверх установленных санитарных норм.

Показатели безопасности характеризуют степень безопасности обслуживающего персонала, окружающих, а также сопрягаемых объектов при функционировании продукции.

Пример: ГОСТ Р 51287 устанавливает нормы, правила и методы испытаний, являющиеся общими для всей абонентской телефонной техники, соблюдение которых обеспечивает безопасность пользователей. Стандарт регламентирует требования к испытаниям технических средств на внешние воздействующие факторы: температура от -70 до $+350$ °С; относительная влажность до 100 % при температуре от 10 °С до 100 °С; синусоидальная вибрация на частотах в диапазоне от 10 до 5000 Гц с амплитудой до 5 мм, ускорением до 30 g; воздействие ударной тряски изделий массой до 100 кг с ускорением от 10 до 150 g и частотой от 10 до 100 ударов в минуту; воздействие брызг, прямым и наклонным дождем; воздействие динамической пыли (тальк, кварцевый песок); воздействие соляного тумана.

Испытания на транспортабельность позволяют оценить приспособленность продукции к транспортированию, т.е. к перемещению в пространстве не сопровождающемуся ее использованием или

потреблением, а также подготовительными и заключительными операциями, связанными с транспортированием. К подготовительным операциям относятся, например, укладка продукции в транспортную тару, упаковывание, герметизация, погрузка, частичная разборка изделий, амортизация от воздействия ударов и вибраций, крепление и т.п. Заключительными операциями являются разгрузка транспортного средства, распаковывание, сборка и т.п.

Основными *показателями транспортабельности* являются показатели, которые характеризуют затраты, обусловленные выполнением операций по транспортированию продукции, а также подготовительных и заключительных работ. Наиболее полно транспортабельность характеризуется как правило, стоимостными показателями, учитывающими материальные и трудовые затраты, квалификацию и количество людей выполняющих работы по транспортированию. Во многих случаях при расчете издержек на транспортирование необходимо учитывать также сумму возможных потерь, обусловленных усушкой, утруской или другими аналогичными причинами. Обычно предельные значения этих потерь строго нормируются. Основные показатели транспортабельности продукции относятся к единице продукции или к определенной характерной группе ее единиц, транспортируемых совместно. Эти показатели могут устанавливаться применительно к единице пути транспортирования или к одной перевозке, доставке и т.п. Для оценки показателей транспортабельности необходимо предварительно собрать и систематизировать исходные данные, характеризующие процесс транспортирования, например, масса и объем единицы продукции, показатели ее физико-механических свойств; габаритные размеры изделия; показатели сохраняемости продукции; предельно допустимые значения режимов транспортирования (предельная скорость движения автотранспорта, допускаемые инерционные перегрузки при транспортировании и т.п.); нормы погрузочно-разгрузочных работ; коэффициент максимального возможного

использования емкости или грузоподъемности транспортного средства при транспортировании данной продукции; восприимчивость перевозимых грузов к тепловым и механическим внешним воздействиям и т.д.

Показатели транспортабельности продукции должны выбираться применительно к конкретному виду транспорта (автомобильному, железнодорожному, водному, воздушному), а иногда и к конкретному виду транспортных средств. В отдельных случаях необходимо определять показатели транспортабельности при смешанных перевозках, выполняемых, в частности, с помощью контейнеров. Примерами могут служить: перевозка промышленных грузов в контейнерах по железной дороге с перегрузкой их на автомобили или наоборот; перевозка на морских судах с перегрузкой в железнодорожные вагоны или в обратном порядке и т.д.

Для оценки показателей транспортабельности необходимо предварительно собрать и систематизировать исходные данные, характеризующие процесс транспортирования, например: масса и объем единицы продукции; показатели ее физико-механических свойств; габаритные размеры изделия; показатели сохраняемости продукции; предельно допустимые значения режимов транспортирования; нормы погрузочно-разгрузочных работ; восприимчивость перевозимых грузов к тепловым и механическим внешним воздействиям и т.д. Основные показатели транспортабельности продукции относятся к единице продукции или к определенной характерной группе ее единиц, транспортируемых совместно.

Испытания на транспортабельность проводятся на вибрационных стендах, центрифугах и т.д., имитирующих воздействие транспортных нагрузок и подготовительно-заключительных работ при транспортировании.

Граничные испытания – испытания, проводимые для определения зависимостей между предельно-допустимыми значениями параметра объекта и режимом эксплуатации.

Пример: При проведении граничных испытаний видеонакопителей проверяют значения предельных рабочих температур (от -45°C до $+65^{\circ}\text{C}$ с питанием от внешнего источника питания и от -25°C до $+65^{\circ}\text{C}$ с питанием от встроенного аккумулятора) и т.д.

Технологические испытания – испытания, проводимые при изготовлении продукции с целью оценки ее технологичности. ***Показатели технологичности*** характеризуют эффективность конструкторско-технологических решений для обеспечения высокой производительности труда при изготовлении и ремонте продукции.

Пример: для оценки способности материала воспринимать определенную деформацию в условиях, максимально приближенных к производственным, служат технологические испытания. Такие оценки носят качественный характер. Они необходимы для определения пригодности материала для изготовления изделий по технологии, предусматривающей значительную и сложную пластическую деформацию.

Пример: Согласно ГОСТ 10510 для определения способности листового материала толщиной до 2 мм выдерживать операции холодной штамповки (вытяжки) применяют метод испытания на вытяжку сферической лунки с помощью специальных пуансонов, имеющих сферическую поверхность.

5 ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ

5.1 Процесс планирования испытаний

Последовательность подготовки и проведения испытаний можно представить в виде следующих основных этапов:

- составление годовых и квартальных планов проведения испытаний;
- разработка программы испытаний;
- подготовка имеющегося, а при необходимости проектирование и изготовление средств испытаний (оборудования и средств измерений);
- аттестация испытательного оборудования, включая поверку средств измерений;
- разработка методики (методик) испытаний и их аттестация;
- отбор образцов для испытаний;
- проведение испытаний в соответствии с программой и методикой испытаний, с регистрацией значений характеристик условий испытаний и характеристик свойств испытываемых образцов, а также определение их погрешностей;
- исследование, при необходимости, испытанных образцов после окончания испытаний с регистрацией значений характеристик и определением их погрешностей;
- обработка данных испытаний, включая оценку полноты, точности и достоверности;
- принятие решений по результатам испытаний и об использовании образцов, оформление результатов испытаний в виде протокола, а также других материалов.

5.1.1 Составление годовых и квартальных планов проведения испытаний

Первым этапом подготовки испытаний является планирование. Основным документом, устанавливающим сроки проведения испытаний по

закрепленным видам продукции, является план-график испытаний, в котором указываются:

- вид испытаний,
- наименование продукции
- адрес предприятия-изготовителя
- срок представления образцов на испытания.

План-график проведения испытаний продукции формируется на основании: заданий по созданию образцов новой (модернизируемой) продукции, плана новой техники министерств (ведомств), выпускающих или планирующих к выпуску продукцию, закрепленную за головной организацией; планов проведения сертификационных испытаний и планов аттестации продукции по категориям качества; планов государственного надзора за стандартами и средствами измерений. Заявки на проведение государственных испытаний направляют предприятия и организации, выпускающие или планирующие к выпуску виды продукции, закрепленные за головной организацией по государственным испытаниям.

При планировании работ по созданию продукции следует предусматривать на ранних стадиях разработки новых видов продукции исследовательские и доводочные стендовые испытания.

5.1.2 Разработка программы и методики испытаний

Основным рабочим документом для проведения испытаний конкретной продукции является программа испытаний. *Программа испытаний* – это организационно-методический документ, обязательный к выполнению, в котором устанавливается объект, цели, задачи испытания продукции, виды и последовательность проверяемых параметров и показателей, сроки их проведения, методы испытаний, государственные стандарты или другая НТД на методы испытаний и требования техники безопасности и охраны окружающей среды. Программа испытаний разрабатывается, как правило,

для каждой категории испытаний отдельно, с учетом условий и технического обеспечения их проведения.

Согласно ГОСТ 2.106 допускается программу испытаний объединять с методикой испытаний (ПМ). ПМ может разрабатываться как на изделие в целом, так и на его составные части. Содержание ПМ обеспечивает объективную оценку качества изделия. ПМ в общем случае должна состоять из следующих разделов:

- общие положения;
- общие требования к условиям, обеспечению и проведению испытаний;
- требования безопасности;
- определяемые показатели (характеристики) и точность их измерения;
- режимы испытаний изделия;
- методы испытаний и (или) измерений;
- отчетность.

В разделе «Общие положения» помещают (в соответствии с ГОСТ 2.106):

- наименование и обозначение изделия в соответствии с основным конструкторским документом;
- цель испытаний;
- вид (виды) испытаний, которым подвергается изделие;
- условия предъявления изделия на испытания (порядок отбора, количество, комплектность, документальное сопровождение при предъявлении);
- порядок взаимодействия предъявителя изделия с представителем заказчика и другими предприятиями, участвующими в испытаниях.

В разделе «Общие требования к условиям, обеспечению и проведению испытаний» помещают требования:

- к месту проведения испытаний (цех, лаборатория, полигон и т.п.);

- к средствам проведения испытаний (приспособлениям, стендам, измерительной и вычислительной технике и т.п.);
- к условиям проведения испытаний (состояние окружающей, искусственно создаваемой или моделируемой среды и т.п.);
- к основным и дублирующим видам топлива, масел, охлаждающей жидкости, газов и т.п.;
- к подготовке изделия к испытаниям;
- к порядку работы на изделии по завершении испытаний;
- к персоналу, осуществляющему подготовку к испытанию и испытание.

В разделе «Требования безопасности» помещают:

- требования безопасности при подготовке изделия к испытаниям;
- требования безопасности при проведении испытаний;
- требования безопасности при выполнении работ по завершению испытаний.

В разделе «Определяемые показатели (характеристики) и точность их измерений» помещают:

- перечень определяемых показателей (характеристик) с указанием наименования, обозначения (при наличии), единицы измерения;
- номинальные значения показателей (характеристик) и предельные отклонения от номинальной величины или пределы изменения;
- указания, на каких видах и на каких этапах видов испытаний определяются показатели (характеристики);
- перечень оборудования, материалов и реактивов (стенды, приборы, приспособления, оснастка, инструмент и др.) для определения каждого показателя;
- класс точности измерительного оборудования;
- допускаемую погрешность измерения (расчета) определяемых показателей;

- указания, по какой методике, инструкции или нормативному документу следует определять (измерять) показатель (характеристику);
- правила регулировки (настройки) в процессе подготовки изделия к испытаниям и (или) при испытаниях;
- формулы расчета для определения показателей (характеристик), которые не могут быть определены прямым или косвенным измерением.

В разделе «Режимы испытаний изделия» помещают:

- режимы испытаний изделия;
- ограничения и другие указания, которые необходимо выполнять на всех или на отдельных режимах испытаний;
- условия аннулирования и возобновления испытаний на всех или на отдельных режимах.

В разделе «Методы испытаний и (или) измерений показателей (характеристик)» помещают:

- схемы испытаний (измерений);
- описание метода испытаний (измерений);
- формулы расчета;
- номограммы, диаграммы, графики зависимости отдельных параметров изделия от состояния внешней среды, других параметров, необходимые для определения показателей (характеристик) изделия.

В разделе «Отчетность» помещают:

- перечень документов, в которых фиксируют результаты испытаний, измерений и анализов в процессе испытаний и по их завершению;
- правила оформления таких документов;
- правила хранения и рассылки отчетных документов.

Допускается выполнять ПМ испытаний отдельными частями, например:

ПМ — программа испытаний, в которой излагают содержание следующих разделов ПМ:

- общие положения;
- общие требования к условиям, обеспечению и проведению испытаний;

- отчетность.

ПМ1 — методика испытаний, в которой излагают содержание следующих разделов ПМ:

- определяемые показатели (характеристики) и точность их измерений;
- режимы испытаний изделий;
- методы испытаний и (или) измерений.

Программа испытаний разрабатывается, как правило, для каждой категории испытаний отдельно, с учетом условий и технического обеспечения их проведения.

Программа предварительных испытаний разрабатывается на основе требований ТЗ с привлечением при необходимости заказчика и изготовителя и утверждается стороной, несущей ответственность за проведение этих испытаний, как правило, разработчиком.

Программа приемочных испытаний в общем случае может предусматривать:

- объект испытаний;
- число испытываемых образцов;
- место и сроки проведения испытаний;
- цель испытаний;
- методы испытаний;
- объем испытаний (перечень контролируемых показателей);
- условия и порядок проведения испытаний;
- способы обработки, анализа и оценки результатов испытаний;
- используемые средства испытаний, контроля и измерений;
- документирование и отчетность.

Программа квалификационных испытаний может включать:

- сроки и место проведения испытаний;
- оптимальную номенклатуру контролируемых показателей, подтверждение которых позволит оценить соответствие продукции установленным требованиям;
- количество и порядок отбора образцов продукции для проведения квалификационных испытаний. Отбор производят из изготовленной установочной серии (первой промышленной партии), принятой изготовителем по результатам приемо-сдаточных испытаний;
- методы всех испытаний, обеспечивающих проверку контролируемых показателей;
- порядок оценки и документирования результатов испытаний.

В программе могут предусматриваться другие данные, определенные изготовителем, исходя из необходимости подтверждения готовности производства к выпуску продукции в заданных объемах и соответствующей установленным требованиям. В программу могут не включаться проверки отдельных требований, которые подтверждены приемочными испытаниями и в процессе постановки продукции на производство изменению не подвергались.

Разработка методик испытаний проводится организацией — разработчиком продукции или специализированной испытательной организацией.

Методика испытаний — организационно-методический документ, обязательный к выполнению, включающий метод испытаний, средства и условия испытаний, отбор проб, алгоритмы выполнения операций по определению одной или нескольких взаимосвязанных характеристик свойств объекта, формы представления данных и оценивания точности, достоверности результатов, требования техники безопасности и охраны окружающей среды.

Методика испытаний, определяющая по существу технологический процесс их проведения, может быть оформлена в самостоятельном

документе или в программе испытаний, или в нормативно-техническом документе на продукцию (стандарты, технические условия). Методика испытаний должна быть аттестована. Методики испытаний разрабатываются отдельно для различных видов испытаний (на надежность, безопасность и др.) и предусматривают определение одного или нескольких показателей (характеристик), установленных в программе испытаний, а также всех необходимых для этого характеристик объекта и условий испытаний. В методику испытаний, как правило, включаются следующие сведения:

- цель проведения испытаний, категории испытаний, для которых необходимо проведение данного вида испытаний;
- ссылка на типовые методики испытаний, имеющиеся в государственном стандарте на данную продукцию;
- отбор образцов для испытаний в зависимости от категории испытаний;
- указание об оборудовании, применяемом для испытаний с ссылкой на условия испытаний и на стандарты, по которым проводится аттестация оборудования;
- описание процедуры и последовательности испытаний;
- описание метода испытаний или ссылка на стандарт, в котором регламентирован метод испытаний;
- оценка результатов испытаний;
- указание об оформлении результатов испытаний;
- требования безопасности и охраны окружающей среды.

При разработке методик испытаний необходимо использовать международные (зарубежные) стандарты на методы испытаний продукции.

Методика испытаний должна быть ориентирована на автоматизацию процессов испытаний, а также обработки и регистрации результатов испытаний и измерений.

Метод испытаний – это правила применения определенных принципов и средств испытаний, т.е. это те или иные конкретные операции с применением технических средств (стендов, приборов, инструментов,

технических устройств) по исследованию свойств продукции при имитации реальных условий ее эксплуатации или использования. Основными определяющими признаками метода испытаний являются вид испытаний и характеристика ВВФ. Каждой характеристике ВВФ и каждому виду испытания соответствует один или несколько методов испытаний, из которых для конкретного типа продукции выбирают подходящий.

Общие требования к проведению испытаний определенного вида (группы) продукции устанавливаются:

- стандартами на методы контроля (испытаний, анализа, измерений, определений);
- стандартами общих технических условий;
- стандартами типовых программ и методов испытаний.

В указанных документах для групп однородной продукции должны устанавливаться показатели продукции и методы их определения для различных категорий испытаний: приемочных, приемосдаточных, при необходимости – периодических, квалификационных, сертификационных.

Требования к проведению испытаний конкретной продукции устанавливаются стандартами вида технических условий или техническими условиями.

Согласно ГОСТ 2.106 программу и методику испытаний выполняют на формах 9 и 9а (см. рис.), при этом основную надпись и дополнительные графы к ней выполняют в соответствии с ГОСТ 2.104 (форма 1а). ПМ может разрабатываться как на изделие в целом, так и на его составные части.

Содержание ПМ обеспечивает объективную оценку качества изделия.

Таблицы выполняют на формах 9 и 9а приложения А, допускается применять форматы А3 по ГОСТ 2.301, при этом основную надпись и дополнительные графы к ней выполняют в соответствии с требованиями ГОСТ 2.104 (формы 2 и 2а). Расчеты выполняют на формах 9 и 9а приложения А, допускается применять форматы А3 по ГОСТ 2.301, при этом

основную надпись и дополнительные графы к ней выполняют в соответствии с требованиями ГОСТ 2.104 (формы 2 и 2а).

Порядок изложения расчетов определяется характером рассчитываемых величин.

Расчеты в общем случае должны содержать:

- эскиз или схему рассчитываемого изделия;
- задачу расчета (с указанием, что требуется определить при расчете);
- данные для расчета;
- условия расчета;
- расчет;
- заключение.

Эскиз или схему допускается вычерчивать в произвольном масштабе, обеспечивающем четкое представление о рассчитываемом изделии. Каждая методика, непосредственно используемая для проведения испытаний, должна быть валидирована.

5.1.3 Подготовка средств испытаний. Требования к испытательному оборудованию

Успех испытаний в значительной мере зависит от наличия испытательного оборудования и средств измерений.

Согласно ISO 9001 организация должна определить, обеспечивать и поддерживать в рабочем состоянии инфраструктуру, необходимую для достижения соответствия продукции требованиям. Инфраструктура включает, если применимо:

- a) здания, рабочее пространство и связанные с ними средства труда;
- b) оборудование для процессов (как технические средства, так и программное обеспечение);
- c) службы обеспечения (например, транспорт, связь или

информационные системы).

Организация должна планировать и осуществлять производство и предоставление услуг в управляемых условиях. Управляемые условия должны включать, если применимо:

- a) наличие информации, описывающей характеристики продукции;
- b) наличие рабочих инструкций в случае необходимости;
- c) применение подходящего оборудования;
- d) наличие и применение оборудования для мониторинга и измерения;
- e) осуществление мониторинга и измерения;
- f) осуществление выпуска продукции, ее поставки и деятельности после поставки.

Организация должна разработать мероприятия по этим процессам, включающие, если применимо:

- a) определение критериев для анализа и одобрения процессов;
- b) одобрение оборудования и квалификации персонала;
- c) применение конкретных методов и процедур;
- d) требования к записям;
- e) повторную валидацию.

Организация должна определить, какие мониторинг и измерение должны проводиться, а также какое оборудование для мониторинга и измерения необходимо для предоставления свидетельств соответствия продукции установленным требованиям. Организация должна установить процессы для обеспечения того, чтобы мониторинг и измерение могли проводиться и проводились способом, который согласуется с требованиями к мониторингу и измерению.

Если необходимо обеспечить действительные результаты, измерительное оборудование должно быть:

- a) откалибровано и/или поверено с установленной периодичностью или перед его применением по эталонам, имеющим прослеживаемую связь

с национальными или международными эталонами; при отсутствии таких эталонов база, используемая для калибровки или поверки, должна быть зарегистрирована;

- b) настроено или перенастроено, если необходимо;
- c) идентифицировано, чтобы можно было определить статус калибровки;
- d) защищено от регулировок, которые сделали бы результаты измерения недействительными;
- e) защищено от повреждения и поломки при обращении, техническом обслуживании и хранении.

Кроме того, организация должна оценить и зарегистрировать правомочность результатов предыдущих измерений, если обнаружено, что оборудование не соответствует требованиям. Организация должна предпринять соответствующие действия в отношении такого оборудования и всей измеренной с его помощью продукции.

Записи о результатах калибровки и поверки должны поддерживаться в рабочем состоянии.

Если при мониторинге и измерении установленных требований используют программное обеспечение, его способность удовлетворять предполагаемому применению должна быть подтверждена. Это должно предприниматься до начала его применения и, при необходимости, подтверждаться повторно. Подтверждение способности программного обеспечения удовлетворять предполагаемому применению обычно включает его верификацию и менеджмент конфигурации для поддержания его пригодности к использованию.

В законе Республики Беларусь «Об обеспечении единства измерений» от 20 июля 2006 г. отсутствуют термины «испытательное оборудование» и «аттестация испытательного оборудования».

В Федеральном законе об обеспечении единства измерений 2008 г. установлено следующее основное понятие:

- технические системы и устройства с измерительными функциями — технические системы и устройства, которые наряду с их основными функциями выполняют измерительные функции;

Обязательные требования к техническим системам и устройствам с измерительными функциями, а также формы оценки соответствия указанным требованиям устанавливаются законодательством Российской Федерации о техническом регулировании.

На территории Российской Федерации действует ГОСТ Р 8.568 «Государственная система обеспечения единства измерений. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения» с изменением № 1, ИУС № 1-2003 по ГОСТ 16504. Сегодня существует богатый ассортимент испытательного оборудования, без которого не обходится не одно производство.

Все испытательное оборудование, применяемое для оценки характеристик объекта испытаний на всех стадиях жизненного цикла, подлежит аттестации.

Согласно СТБ ИСО 9000 *метрологическое подтверждение пригодности* – совокупность операций, необходимая для того, чтобы обеспечить соответствие измерительного оборудования требованиям, отвечающим его назначению. Метрологическое подтверждение пригодности обычно включает калибровку или верификацию, любую необходимую юстировку или ремонт и последующую повторную калибровку, сравнение с метрологическими требованиями для предполагаемого использования оборудования, а также любое требуемое пломбирование и маркировку. Метрологическое подтверждение пригодности не выполнено до тех пор, пока пригодность измерительного оборудования для использования по назначению не будет продемонстрирована и задокументирована. Требования к использованию по назначению включают такие характеристики, как диапазон, разрешающая способность, максимально допустимые погрешности. Требования к метрологическому подтверждению пригодности

обычно отличаются от требований на продукцию и в них не регламентируются.

ГОСТ 16504 устанавливает определения терминов «средство испытаний» и «испытательное оборудование». **Средствоиспытаний** – техническое устройство, вещество и (или) материал для проведения испытаний. **Испытательное оборудование** – средство испытаний, представляющее собой техническое устройство для воспроизведения условий испытаний.

В СТБ ИСО/МЭК 17025 прописаны следующие требования к испытательному оборудованию. Лаборатория должна располагать оборудованием всех видов для отбора образцов, измерений и испытаний, требуемым для правильного проведения испытаний. Оборудование и его программное обеспечение, используемые для проведения испытаний, должны быть способны достигнуть требуемой точности и соответствовать техническим требованиям, относящимся к проводимым испытаниям. До ввода в эксплуатацию оборудование должно быть калибровано или проверено на предмет установления его соответствия техническим требованиям, действующим в лаборатории, и соответствующим стандартам. С оборудованием должен работать уполномоченный персонал. Актуализированные инструкции по использованию и обслуживанию оборудования (включая любые соответствующие руководства, предоставленные производителем оборудования) должны быть всегда доступны для использования надлежащим персоналом лаборатории. Каждый вид оборудования и его программное обеспечение, используемые при проведении испытаний и оказывающие влияние на результат, должны, если это практически осуществимо, быть однозначно идентифицированы. Оборудование каждого вида и его программное обеспечение, существенные для проведения испытаний, должны быть зарегистрированы. Регистрационные данные должны включать, по крайней мере, следующие сведения:

- a) идентификацию оборудования каждого вида и его программного обеспечения;
- b) наименование изготовителя, идентификацию типа, серийный номер или другую уникальную идентификацию;
- c) результаты проверок соответствия оборудования нормативным документам;
- d) местонахождение на данный момент, если уместно;
- e) инструкции изготовителя, при их наличии, или данные о месте их нахождения;
- f) даты, результаты и копии отчетов и сертификатов всех калибровок, регулировок, критериев приемки и планируемую дату очередной калибровки;
- g) план обслуживания, при необходимости, и проведенное обслуживание;
- h) описание любых повреждений, неисправностей, модификаций или ремонта оборудования.

Когда это практически осуществимо, все оборудование, находящееся под контролем лаборатории и нуждающееся в калибровке, должно быть маркировано, закодировано или каким-либо другим образом идентифицировано (обозначены статус калибровки, включая дату проведения последней калибровки и дату и критерии необходимости проведения повторной калибровки).

Если по какой-либо причине оборудование выходит из-под прямого контроля лаборатории, лаборатория должна удостовериться, что функционирование и статус калибровки оборудования были проверены и найдены удовлетворительными, прежде чем оборудование будет возвращено в эксплуатацию. Если необходимы промежуточные проверки с целью сохранения уверенности в статусе калибровки оборудования, то эти проверки должны проводиться в соответствии с установленной процедурой. Если при калибровке потребуется введение ряда корректировочных

коэффициентов, то лаборатория должна располагать процедурами, обеспечивающими надлежащую актуализацию их копий (например, в программном обеспечении компьютера). Регулировка испытательного оборудования, включая аппаратные средства и программное обеспечение, которые могут сделать недействительными результаты испытаний, должна быть исключена.

5.1.4 Метрологическое подтверждение пригодности испытательного оборудования

В зависимости от области применения испытательное оборудование подразделяется на общепромышленное, отраслевое специальное (оборудование, изготовленное в единичных экземплярах, и оборудование, предназначенное для испытаний продукции, выпускаемой только на данном предприятии). Аттестации подлежат опытные образцы, серийно выпускаемое и модернизируемое оборудование, оборудование, изготовленное в единичных экземплярах, импортное оборудование, а также оборудование, эксплуатирующееся в народном хозяйстве и не прошедшее аттестацию до введения настоящего стандарта.

Согласно ГОСТ 16504 *аттестация испытательного оборудования* – определение нормированных точностных характеристик испытательного оборудования, их соответствия требованиям нормативно-технической документации (НТД) и установление пригодности этого оборудования к эксплуатации.

К нормированным точностным характеристикам испытательного оборудования относятся установленные НТД технические характеристики, определяющие возможности оборудования воспроизводить и поддерживать режимы и условия испытаний в заданных условиях с требуемой точностью и стабильностью, в течение установленного срока.

В Республике Беларусь ГОСТ 24555 имеет статус справочного руководства. Стандарт устанавливает основные положения и порядок проведения аттестации испытательного оборудования, применяемого во всех отраслях народного хозяйства. Согласно стандарту аттестации подлежит испытательное оборудование, воспроизводящее нормированные внешние воздействующие факторы и (или) нагрузки.

К эксплуатации допускается испытательное оборудование, признанное по результатам аттестации пригодным к применению. Испытательное оборудование должно подвергаться первичной, периодической и внеочередной аттестации.

Опытные образцы должны предоставляться на аттестацию предприятием-разработчиком, серийно выпускаемое оборудование – предприятием-изготовителем, а испытательное оборудование, находящееся в эксплуатации, импортное и оборудование специального применения – предприятием, применяющим это оборудование.

Испытательное оборудование должно предоставляться на аттестацию с технической документацией и вспомогательными техническими средствами, необходимыми для его нормального функционирования. Применяемые средства измерений должны иметь действующие документы, свидетельствующие об их государственной или ведомственной поверке. К проведению аттестации допускаются лица, прошедшие специальное обучение и сдавшие экзамены в установленном порядке.

Аттестация испытательного оборудования проводится с целью обеспечения воспроизводимости результатов испытаний. Аттестация испытательного оборудования направлена на определение и подтверждение возможности воспроизведения им условий испытаний в пределах допускаемых отклонений и пригодности к использованию этого оборудования в соответствии с его назначением. К эксплуатации допускается испытательное оборудование, признанное годным к применению по результатам аттестации.

Аттестацию испытательного оборудования проводят:

- аккредитованные на данный вид деятельности центры (лаборатории) — при использовании испытательного оборудования для целей сертификационных испытаний продукции, испытаний продукции на соответствие обязательным требованиям государственных стандартов, государственного арбитража, при производстве продукции, поставляемой по контрактам для государственных нужд;
- метрологические службы предприятий – при использовании испытательного оборудования в процессе выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, а также для испытаний в процессе производства продукции (квалификационные, приемо-сдаточные, периодические и другие виды испытаний и контроля).

Специалисты, проводящие аттестацию испытательного оборудования, должны пройти специальную подготовку в системе Госстандарта, отрасли или на предприятии.

При отсутствии на предприятии и метрологической службы, аттестация испытательного оборудования проводится головными (базовыми) организациями метрологических служб министерств (ведомств), аккредитованными испытательными лабораториями или территориальными органами Госстандарта.

Для проведения аттестации могут быть привлечены метрологическая служба предприятия, разработавшего методику аттестации испытательного оборудования (далее – методика аттестации) и специалисты, проводящие испытания на данном испытательном оборудовании.

Лаборатории (центры) и подразделения субъектов хозяйствования, осуществляющие аттестацию испытательного оборудования для сторонних организаций, должны быть аккредитованы на этот вид деятельности.

Аттестация испытательного оборудования должна проводиться по методике аттестации. В зависимости от области применения и конструктивных

особенностей испытательного оборудования возможна разработка типовых методик аттестации.

Разработка методики аттестации должна включать следующие этапы:

- выбор проверяемых характеристик испытательного оборудования, влияющих на воспроизводимость и точность проведения испытаний;
- выбор методов, средств измерений, вспомогательных технических средств, необходимых для определения характеристик оборудования;
- определение алгоритма вычислений (обработки) результатов измерений;
- метрологическая экспертиза, согласование, утверждение и введение в обращение.

Разработке методики аттестации испытательного оборудования должно предшествовать проведение всесторонних экспериментальных исследований с целью определения действительных значений технических и метрологических характеристик испытательного оборудования и их соответствия требованиям НД на испытания конкретных видов продукции.

Программа исследований разрабатывается совместно с проектом методики аттестации. По результатам экспериментальных данных в проект методики аттестации должны быть внесены необходимые корректировки.

Методики аттестации разрабатывают: предприятия-владельцы испытательного оборудования, предприятия-разработчики испытательного оборудования, головные (базовые) организации метрологической службы министерств (ведомств), территориальные органы Госстандарта.

Метрологическую экспертизу проводят:

- для испытательного оборудования общепромышленного применения – головная организация по стандартизации в области метрологии Госстандарта;

- для испытательного оборудования отраслевого применения – головные (базовые) организации метрологической службы министерств (ведомств);

- для испытательного оборудования специального применения – в подразделениях (специалистами) метрологической службы предприятия.

Методики аттестации испытательного оборудования отраслевого и специального применения, используемого для целей сертификационных испытаний продукции, испытаний продукции на соответствие обязательным требованиям государственных стандартов, государственного арбитража, а также при производстве продукции, поставляемой по контрактам для государственных нужд, должны быть согласованы с лабораторией (центром), аккредитованной на проведение аттестации испытательного оборудования.

Положительные результаты метрологической экспертизы должны оформляться в виде согласующей подписи на титульном листе методики аттестации и экспертного заключения.

При *первичной аттестации* должны быть проведены всесторонние исследования с целью определения:

- возможности испытательного оборудования воспроизводить и поддерживать режимы и условия испытаний в заданных диапазонах, с требуемой точностью и стабильностью, в течение установленного срока;

- действительных значений нормированных точностных характеристик и их соответствия НТД;

- погрешностей измерений и регистрации параметров испытательных режимов;

- перечня нормированных точностных характеристик, подлежащих проверке в процессе эксплуатации;

- методов и средств проведения последующих аттестаций и их периодичности;

- выполнения требования безопасности и охраны окружающей среды.

Первичной аттестации подлежат:

- опытные образцы испытательного оборудования;
- серийно выпускаемое испытательное оборудование;
- испытательное оборудование специального применения;
- импортное испытательное оборудование.

Первичная аттестация опытных образцов испытательного оборудования, предназначенного для серийного выпуска, должна проводиться как обязательная часть приемочных, квалификационных испытаний, предусмотренных. Первичная аттестация серийно выпускаемого испытательного оборудования, подвергаемого приемо-сдаточным испытаниям, проводится как составная часть этих испытаний. Первичная аттестация испытательного оборудования специального применения проводится как составная часть приемки оборудования в порядке, установленном на предприятии.

Испытательное оборудование (кроме импортного) должно представляться на первичную аттестацию вместе с комплектом технической документации. В состав представляемой технической документации должны входить:

- утвержденное техническое задание на разработку (договор на создание – для опытных образцов испытательного оборудования);
- эксплуатационные документы в соответствии с ГОСТ 2.601;
- методика аттестации.

Импортное испытательное оборудование представляется на первичную аттестацию вместе с эксплуатационными документами, переведенными на белорусский или русский язык, и методикой аттестации.

Периодическая аттестация испытательного оборудования проводится с целью контроля технического состояния оборудования в процессе его эксплуатации в объеме, регламентированном в методике аттестации. Испытательное оборудование представляется на периодическую аттестацию вместе с эксплуатационной документацией и методикой аттестации. Периодическая аттестация проводится в сроки, установленные в методике

аттестации. По результатам последовательных периодических аттестаций межаттестационный интервал может быть изменен.

Внеочередная аттестация проводится:

- при вводе в эксплуатацию испытательного оборудования после транспортирования и длительного хранения;
- после ремонта, модернизации, перемещения эксплуатируемого ранее стационарного испытательного оборудования с одного места на другое — если перечисленные операции могут привести к изменению его нормированных точностных характеристик;
- при отрицательных результатах межлабораторных сличительных испытаний;
- при ухудшении качества выпускаемой продукции;
- по требованию органов государственного метрологического надзора при проверке предприятия.

После ремонта и модернизации испытательного оборудования, связанного с заменой его отдельных узлов и блоков, внеочередная аттестация должна проводиться в объеме первичной аттестации. В остальных случаях внеочередная аттестация проводится, как правило, в объеме периодической аттестации. Правила оформления результатов аттестации. Результаты аттестации признаются положительными в случае, если значения определенных по методике аттестации характеристик испытательного оборудования соответствуют требованиям методики аттестации (эксплуатационной документации на оборудование и НД на методику испытания продукции).

Положительные результаты первичной, периодической и внеочередной аттестаций оформляются протоколом аттестации и аттестатом. Отрицательные результаты первичной, периодической и внеочередной аттестаций испытательного оборудования оформляются протоколом аттестации и извещением о непригодности с указанием ее причины.

На испытательное оборудование, прошедшее аттестацию, рекомендуется наносить этикетку.

Для европейских стран предусмотрена калибровка испытательного оборудования.

Калибровка – операция, с помощью которой, при указанных условиях, на первом этапе устанавливают взаимосвязь между значением величины с неопределенностями измерения, обеспеченными эталонами, и соответствующими показаниями со связанной неопределенностью измерения, а на втором этапе используют эту информацию, чтобы из показаний получить результат измерения.

Калибровка может быть выражена в виде функции, диаграммы, кривой калибровки или таблицы. В некоторых случаях она может состоять из аддитивной или мультипликативной поправки к показаниям, вместе со связанной неопределенностью.

Работа испытательного оборудования может изменяться со временем, под влиянием окружающей среды, в которой оно находится, износа и амортизации, перегрузки или потому что с ним неправильно обращаются. Поэтому точность измерений оборудования необходимо проверять время от времени.

Временной диапазон между двумя калибровками называется интервалом калибрования; каждая калибровка после первой называется повторной калибровкой или рекалибровкой. Интервалы калибрования обычно рекомендуются производителем испытательного оборудования, и его надо соблюдать. Однако, работа инструментов зависит от обращения с ними и их использования. В некоторых ситуациях требуется безотлагательная рекалибровка, например, потому, что полученные результаты измерения сомнительны или неожиданны. Рекалибровка необходима после переустановки оборудования или программного обеспечения, или, если оборудование подверглось удару, вибрации, были перебои

в электроснабжении, а также после других случаев некорректного обращения.

При выборе эталонов для проведения калибровки, очень важно использовать эталоны, которые прослеживаются по отношению к национальным и/или международным эталонам.

ILAC-G5:1994 (Руководство по калибровке и обслуживанию испытательного и измерительного оборудования) показывает взгляд на эксплуатацию измерительного и испытательного оборудования в соответствии с международными стандартами для систем качества. Согласно данному стандарту лаборатория должна определить измерительное и испытательное оборудование, который нуждается в калибровке. Лаборатория должна калибровать измерительное и испытательное оборудование до ввода в эксплуатацию и в независимых лабораториях обеспечивать прослеживаемость. Лаборатория должна определить свою политику прослеживаемости независимыми лабораториями, ответственность за обеспечение его, в том числе использование любых справочных материалов.

Эта политика внешней прослеживаемости должна содержать следующие положения:

- внешние лаборатории должны быть аккредитованы Национальным органом по аккредитации, либо органом по аккредитации с Соглашения о взаимном признании с национальным органом.
- внешние лаборатории могут продемонстрировать прослеживаемость к национальным или международным стандартам документацией.
- стандартные образцы должны соответствовать национальным или международным стандартам измерений, либо национальным или международным справочным материалам.

- стандартные образцы должны быть сертифицированы в соответствии с ISO Guide 35 и их сертификатов в соответствии с ISO Guide 31.

- если прослеживаемость к национальным стандартам измерения не применима, лаборатория должна принимать участие в соответствующей программе межлабораторных сличений.

Участвующие лаборатории должны быть тщательно отобраны и отчеты с анализом результатов должны быть сохранены. Сертификаты калибровки должны, где это применимо, указывать прослеживаемость к национальным или международным эталонам измерения и предоставлять результаты измерений и связанные с ними неопределенности измерений. Интервалы калибровки должны быть такими, чтобы до следующей калибровки должны проводиться возможное изменение в точности, что имеет значение при использовании испытательного оборудования. Они должны быть определены с учетом следующих соображений:

- точность и допустимые пределы погрешностей.
- стабильность измерительного и испытательного оборудования.
- цель и использование (частота, персонал, условия окружающей среды и т.д.).

- опыт работы с аналогичным измерительным и испытательным оборудованием.

- рекомендации производителя.
- другие характеристики оборудования (например: шероховатость) и лаборатории (например, квалификация персонала и т.д.).

Определенные интервалы должны быть документально оформлены (например, в книжки, сертификатах калибровки и т.д.).

Интервалы могут быть пересмотрены (укорочены или удлинены) с учетом результатов предыдущей калибровки, изменения использования и т.д., обеспечение постоянной точности. Изменения интервалов должны

быть обоснованы (например, в истории книжек, отчетах изменения интервалов и т.д.).

Программа калибровки должна содержать для каждого измерительного и испытательного оборудования даты последней и следующей калибровки. Сотрудники должны иметь необходимое образование, подготовку, технические знания и опыт для калибровочной деятельности. Они должны использовать при выполнении калибровок документированные процедуры. Программы обучения и повышения квалификации, установленные для сотрудников должны быть рассмотрены для определения уровня детализации в процедурах разработки.

5.1.5 Особенности метрологического подтверждения пригодности некоторых средств испытаний

Аттестация камер тепла и холода. В камерах тепла и холода воспроизводимым воздействующим фактором является температура в полезном объеме камеры. Ввиду неравномерности теплового поля в камере при аттестации определяют нормированные точностные характеристики, характеризующие пространственное распределение температуры.

Кроме того, при аттестации определяют характеристики, влияющие на распределение температуры в полезном объеме камеры, и характеристики, имеющие значение для реализации конкретного метода испытаний.

К основным точностным характеристикам, определяемым при аттестации камер тепла и холода, можно отнести:

- диапазон и значения воспроизводимой температуры;
- время достижения предельных значений воспроизводимой температуры;
- неравномерность распределения температуры в полезном объеме камеры;

- характеристики колебаний температуры в точках полезного объема камеры;
- отклонение температуры в полезном объеме камеры заданного значения;
- погрешность измерительного устройства камеры;
- скорость циркуляции воздуха в полезном объеме камеры.

При аттестации камер тепла и холода, а также других климатических камер, в которых одним из воспроизводимых воздействующих факторов является температура, в программу аттестации включают определение нормированных точностных характеристик из приведенного перечня, а также других характеристик камер, необходимых для проведения испытаний конкретной продукции.

Для измерения температуры при аттестации камер тепла и холода используют измерительные комплекты, состоящие из первичного измерительного преобразователя (ПИП) и вторичного прибора.

В качестве ПИП температуры используют, как правило, термопреобразователи сопротивления, а в качестве вторичного прибора — автоматический мост, или приборы, осуществляющие измерение температуры в градусах Цельсия, или, например, цифровой вольтметр, измеряющий сопротивление термопреобразователя сопротивления (выполняющего роль ПИП), соответствующее измеряемой температуре. В последнем случае значение измеряемой температуры определяют по значению измеренного сопротивления по номинальной статической характеристике термопреобразователя сопротивления.

Погрешность измерений температуры с помощью используемых при аттестации измерительных комплектов должна соответствовать требованиям к точности измерений, установленным в НТД на методы и средства аттестации камер тепла и холода. Кроме точностных требований к средствам аттестации предъявляют и другие требования, например по инерционности, возможности автоматизированной обработки измерительной информации и т.д.

При подготовке к аттестации ПИП температуры размещают в экстремальных точках полезного объема камеры и в контрольной точке. Координаты экстремальных точек берут из НТД на камеры или предварительно определяют до аттестации.

В указанных точках ПИП температуры закрепляют таким образом, чтобы не нарушался тепловой режим измерений.

Для измерения скорости циркуляции воздуха в камере чувствительный элемент анемометра размещают в тех же экстремальных точках и в геометрическом центре рабочего объема камеры.

При аттестации измерения скорости воздушного потока производят в нормальных условиях, а измерения температуры производят при предельных и промежуточных значениях температуры. Измерения температуры для каждого установленного значения производят в установившемся режиме в каждой указанной выше точке полезного объема камеры. Измерения должны быть равноотстоящими во времени. Число измерений и время измерений, составляющее несколько периодов колебаний температуры, устанавливают в программе или методике аттестации.

По результатам измерений определяют значения точностных характеристик камер, по которым судят о соответствии или несоответствии камер предъявляемым требованиям.

В настоящее время аттестация камер тепла и холода проводится в соответствии с ГОСТ 25051.2. При аттестации камер тепла и холода среди прочих средств измерений и испытаний могут применяться:

- элемент чувствительный платиновый ЭЧП 0183 – для измерения температуры воздуха в полезном объеме камеры;
- анемометр цифровой переносной АП1 – для измерения скорости циркуляции воздуха.

Аттестация камер термоциклирования и термоудара. Аттестация камер термоциклирования и термоудара, представляющих собой 2 или 3 совмещенные камеры, в которых поддерживаются различные температурные

режимы, осуществляется так же, как камер тепла и холода. В случае, когда камера термоудара представляет собой одну термокамеру, в которой возможно быстро изменять температурный режим, при аттестации необходимо дополнительно определять такую нормированную точностную характеристику, как скорость изменения температуры в камере, используя при этом малоинерционные ПИПы температуры.

Аттестация термовлагокамер. При воспроизведении относительной влажности воздуха в камере, большое значение имеет точность поддержания температуры, поскольку относительная влажность воздуха существенно зависит от температуры воздуха. При аттестации влаго- и термовлагокамер, особенно тех, в которых воспроизводится достаточно широкий диапазон температур, определяют те же нормированные точностные характеристики, как для камер тепла и холода, и еще аналогичные характеристики, отражающие возможности камеры воспроизводить относительную влажность воздуха (далее влажность) в требуемом диапазоне. К таким характеристикам можно отнести:

- диапазон и значения воспроизводимой влажности;
- неравномерность распределения влажности в полезном объеме камеры;
- отклонение влажности в полезном объеме камеры от заданного значения;
- время достижения воспроизводимых значений влажности,
- погрешность измерительного устройства влажности камеры;
- погрешность задания влажности в камере.

В программу аттестации включают те нормированные точностные характеристики из числа вышеупомянутых (при воспроизведении температуры и при воспроизведении влажности), которые необходимы для установления соответствия камеры требованиям НТД на камеру и (или) пригодности к проведению испытаний конкретной продукции.

Для измерения влажности в полезном объеме камеры при аттестации могут быть использованы сорбционные гигрометры, психрометры, принцип действия которых основан на зависимости разности показаний «сухого» и «смоченного» термометра, находящегося в термодинамическом равновесии с анализируемым воздухом. Применяют нестандартизованные средства измерений (НСИ) такого же принципа действия, в которых в качестве «сухого» и «смоченного» термометров используют два спаренных малоинерционных термопреобразователя сопротивления, на один из которых натянут увлажняемый «чулок». При этом должна быть обеспечена скорость обдува термопреобразователей сопротивления 2 м/с, а идентичность погрешностей спаренных каналов такого НСИ не должна превышать 0,1 °С. Для повышения точности измерений влажности психрометрическим методом в результаты измерений следует вводить поправку. Для измерения влажности при аттестации термовлагокамер могут быть использованы также подогревные хлористолитиевые датчики влажности.

При аттестации может быть использовано многоточечное НСИ влажности, состоящее из нескольких датчиков влажности и многоканального вторичного прибора (или одноканального с переключателем). Для измерения температуры и скорости циркуляции воздуха при аттестации термовлагокамер и камер влаги применяют те же СИ, что и при аттестации камер тепла и холода.

При подготовке к аттестации ПИП СИ температуры и скорости циркуляции воздуха, размещают так же, как и при аттестации камер тепла и холода, в экстремальных точках полезного объема термовлагокамеры. ПИП многоточечного СИ влажности размещают в тех же точках и в геометрическом центре камеры.

При отсутствии многоточечного СИ влажности при аттестации может быть использован метод, при котором измеряют температуру и влажность в центре полезного объема камеры и температуру в экстремальных точках

камеры. По измеренным значениям психрометрическим методом определяют влажность в этих точках.

При аттестации измерения температуры и влажности производят при предельных и промежуточных значениях воспроизводимых температуры и влажности. Измерения для каждого установленного значения температуры и влажности производят в установившемся режиме. Время и число измерений, интервалы времени между измерениями устанавливаются в программе или методике аттестации.

При аттестации термовлагокамер для измерения влажности в полезном объеме камеры могут применяться следующие средства измерений:

- психрометр аспирационный МЗ4;
- гигрометр Волна-5;
- гигрометр сорбционный ГС-210;
- датчик влажности ДВИ-202.1;
- барометр-анероид БАММ-1.

Аттестация баро- и термобарокамер. При аттестации термобарокамер различают четыре вида испытаний камер:

- испытания для определения точностных характеристик камеры при воспроизведении в ней пониженной и повышенной температуры при нормальном атмосферном давлении;
- испытания для определения точностных характеристик камеры при воспроизведении в ней пониженного атмосферного давления при нормальной температуре;
- испытания для определения точностных характеристик камеры при воспроизведении в ней пониженного атмосферного давления при пониженной и (или) повышенной температуре;
- испытания для определения точностных характеристик камеры при воспроизведении в ней пониженной и (или) повышенной температуры в сочетании с пониженным атмосферным давлением.

При первом виде испытаний определяют те же точностные характеристики, что и для камер тепла и холода. Второй вид испытаний характерен для баро- и термобарокамер. Основными точностными характеристиками камер, определяемыми в этом случае, можно считать:

- диапазон и значения воспроизводимого пониженного давления воздуха;
- время получения заданных значений пониженного давления воздуха;
- нестабильность поддержания пониженного давления воздуха;
- отклонения пониженного давления воздуха от заданного значения;
- погрешность измерительного устройства камеры.

При третьем виде испытаний воспроизводится пониженная (повышенная) температура и пониженное давление и определяют те же точностные характеристики, что при втором виде испытаний камер (пониженное давление при нормальной температуре), контролируя при этом значение воспроизводимой в камере температуры.

Четвертый вид испытаний при аттестации термобарокамер имеет место в тех случаях, когда в НТД на камеры или метод испытаний установлены требования по каким-либо температурным точностным характеристикам (отклонение температуры от заданного значения, неравномерность температуры в полезном объеме камеры и т.д.), выполнение которых должно быть обеспечено в термобарокамерах при воспроизведении в них пониженной и повышенной температуры в сочетании с пониженным давлением. В этом случае определяют точностные характеристики, характерные для случая воспроизведения пониженного давления при нормальной температуре, и необходимые температурные точностные характеристики.

При аттестации в зависимости от необходимости установления соответствия камеры требованиям НТД на нее или пригодности камеры для

испытаний конкретной продукции имеет место один или несколько из перечисленных выше видов испытаний камер и соответствующий перечень определяемых при аттестации нормированных точностных характеристик из числа выше упомянутых устанавливают в программе аттестации баро- и термобарокамер.

Для измерения пониженного атмосферного давления в камере могут быть использованы показывающие приборы или измерительные комплекты, состоящие из первичного измерительного преобразователя и вторичного прибора (цифрового миллиамперметра или вольтметра). При использовании показывающего прибора, измеряющего вакуумметрическое давление, одновременно с помощью барометра измеряют атмосферное давление.

В случае, если при аттестации определяют температурные точностные характеристики при пониженном атмосферном давлении, требования к СИ и типы СИ температуры должны быть установлены в программе аттестации в зависимости от номенклатуры и значений определяемых точностных характеристик и значений пониженного давления воздуха в камере.

Для измерения температуры при аттестации термобарокамер при воспроизведении в них пониженной и повышенной температуры при нормальном давлении применяют те же СИ, что и при аттестации камер тепла и холода. Испытания камер в этом случае проводят при предельных и промежуточных значениях температуры теми же методами, что и при аттестации камер тепла и холода.

Испытания для определения точностных характеристик при воспроизведении в баро- и термобарокамерах пониженного давления при нормальной температуре проводят при предельном и промежуточных значениях давления.

Испытания для определения точностных характеристик термобарокамер при воспроизведении в них пониженного атмосферного давления при пониженной и (или) повышенной температуре производят при предельных значениях давления и температуры. При этом сначала достигают

в камере предельного значения температуры, а потом после выдержки снижают давление до предельного значения. Температуру воздуха в камере в этом случае измеряют с помощью встроенного СИ температуры.

Испытания для определения точностных характеристик термобарокамер при воспроизведении пониженной и (или) повышенной температуры совместно с пониженным атмосферным давлением производят при предельных значениях температуры и давления. Температуру в точках полезного объема камеры измеряют с помощью СИ температуры, применяемых при аттестации.

Все измерения температуры и давления производят в установившемся режиме. Время, число и интервал между измерениями устанавливают в программе или методике аттестации.

В перечень средств измерений давления, которые могут быть использованы при аттестации баро- и термобарокамер, могут входить:

- манометр чашечный МЧР-3;
- образцовый вакуумметр ВО;
- преобразователь измерительный Сапфир-22ДА, мод. 2020. 2030, 2040;
- преобразователь давления измерительный электрический ИПД мод. 89006;
- барометр-анероид БАММ-1 — для измерения атмосферного давления;
- вакуумметр термодпарный ВТ-3;
- ионизационный термодпарный манометр ВИТ-1А — для измерения пониженного давления.

Аттестация камер пыли. В камерах пыли воспроизводимым воздействующим фактором является циркулирующий в камере поток воздуха определенной температуры с находящимися в нем частицами пыли. К основным точностным характеристикам, определяемым при аттестации камер пыли, можно отнести:

- диапазон и значения воспроизводимой скорости циркуляции воздуха в камере;
- диапазон воспроизводимой температуры;
- отклонение температуры от заданного значения;
- погрешность измерительного устройства температуры камеры;
- изменение температуры за время включения вентилятора;
- концентрация пыли в полезном объеме камеры (при необходимости).

В зависимости от цели аттестации (установления пригодности камеры к испытаниям по конкретному методу) при аттестации при необходимости определяют концентрацию пыли в полезном объеме камеры.

В программу аттестации в зависимости от целей проведения аттестации и конкретного типа камеры пыли (с устройством воспроизведения температуры или без него) включают те или иные из перечисленных характеристик. Для измерения температуры при аттестации камер пыли так же, как при аттестации камер тепла, используют измерительные комплексы, состоящие из ПИП температуры и вторичного прибора. Для измерения скорости потока воздуха в камерах пыли применяют анемометры и термоанемометры. Следует иметь в виду, что эти приборы могут быть использованы для измерения скорости потока мало загрязненных газов, поэтому камера пыли перед измерениями должна быть очищена от пыли. В случае необходимости для измерения концентрации пыли в камере используют весовой метод, принцип которого состоит в следующем. Через бумажный фильтр просасывают измеренный с помощью ротаметра объем воздушно-пылевой смеси. Взвешивая оставшийся на фильтре пылевой осадок, можно определить концентрацию пыли. Для реализации этого метода, описанного в ГОСТ Р 52931, может быть использован аспиратор для отбора проб воздуха, позволяющий обеспечивать отбор проб с определенным объемным расходом.

При подготовке к испытаниям камер пыли чувствительные элементы СИ целесообразно размещать в сечении, перпендикулярном направлению потока воздуха в камере и проходящем через центр камеры. Для определения диапазона воспроизводимой температуры и отклонения температуры от заданного значения ПИП температуры помещают в центр и в 4 углах этого сечения на расстоянии не менее 100 мм от стенок камеры. При определении скорости потока воздуха в камере чувствительные элементы анемометров располагают в указанном сечении в центре поперечного сечения потока и ближе к стенке или поверхности поворот него стола на расстоянии не менее 100 мм от них. При определении изменения температуры в камере при включенном вентиляторе достаточно измерять температуру в одной точке — центре полезного объема камеры. При определении концентрации пыли наконечник заборной трубки располагают в центре полезного объема камеры.

Испытания для определения точностных характеристик при воспроизведении в камере температуры проводят при предельных значениях температуры и минимальной скорости циркуляции потока воздуха в камере. Испытания для определения изменения температуры в камере за время включения вентилятора проводят при максимальной скорости циркуляции потока воздуха в камере и при выключенном устройстве воспроизведения температуры, измеряя температуру до и после двухчасового включения вентилятора.

Испытания для определения концентрации пыли проводят при включенном устройстве воспроизведения температуры.

В перечень средств измерений, которые применяются при аттестации камер пыли, могут быть включены:

- анемометр цифровой переносной АП-1 — для измерения скорости циркуляции воздуха;
- термоанемометр с автономным питанием ТАМ-1 — для измерения скорости циркуляции воздуха;

- аспиратор для отбора проб воздуха мод. 822 — для измерения концентрации пыли в камере.

Аттестация камер солнечного излучения. В камерах солнечного излучения воспроизводимое излучение имеет различный спектр, плотность потока излучения в объеме камеры распределяется неравномерно, при этом она меняется при изменении напряжения питания. Поэтому комплекс точностных характеристик, который отражает указанные свойства воспроизводимого потока излучения, можно представить в виде отклонений плотности потока излучения во всем спектре и ультрафиолетовой его части от нормированных значений в рабочем объеме камеры, а также изменений плотности при изменении напряжения питания. Кроме того, в камерах солнечного излучения воспроизводится температура. Таким образом, к основным точностным характеристикам камер солнечного излучения, подлежащим определению при аттестации, можно отнести:

- диапазон воспроизводимой температуры;
- отклонение температуры в полезном объеме камеры от заданного значения;
- погрешность устройства, измерения температуры в камере;
- отклонения плотности интегрального потока излучения от номинального значения;
- отклонения плотности потока излучения в ультрафиолетовой области спектра от номинального значения;
- погрешность встроенных устройств измерения плотности потока излучения;
- изменение плотности интегрального потока излучения при изменении напряжения питания;
- изменение плотности потока.

Наибольшее распространение для измерения потока солнечного излучения получил пиранометр М-80 м, основанный на термоэлектрическом методе измерений. Пиранометр измеряет плотность интегрального потока

излучения. Применяя дифференциальный метод измерения, с помощью этого пиранометра и светофильтров можно измерять также и плотности потока излучения в ультрафиолетовой области спектра.

При аттестации камер для измерения потока излучения может быть использован также спектро-радиометр СРП-86, основанный на фотоэлектрическом методе измерений.

При подготовке к измерениям ПИП средств измерений плотности потока излучения размещают в точках, указанных в программе аттестации. Этими точками могут быть одна или несколько крайних точек, ограничивающих объем для испытаний изделий. Координаты этих точек либо установлены в НТД и ЭД на камеру, либо могут быть определены при подготовке к аттестации с помощью методики, позволяющей определить объем камеры, в котором плотность потока излучения как интегральная, так и в ультрафиолетовой области спектра отвечают требованиям, нормируемым в НТД.

Для измерения температуры могут быть использованы те же СИ, что при аттестации камер тепла. ПИП температуры при аттестации размещают в геометрическом центре камеры на расстоянии не менее 100 мм от стенок камеры, либо в восьми угловых точках плоскостей, ограничивающих полезный объем камеры, либо, если камера применяется только для испытаний на солнечное излучение, в геометрических центрах плоскостей, параллельных стенкам камеры.

При определении погрешности штатных СИ камеры ПИП средств аттестации и штатных СИ размещают в камере в непосредственной близости друг от друга или поочередно помещают в одну и ту же точку объема камеры (в случае измерения плотности потока излучения).

Для определения точностных характеристик камеры солнечного излучения при воспроизведении температуры измерения проводят при предельных и одном промежуточном значениях температуры.

Плотность потока излучения при аттестации камер измеряют при выключенном устройстве регулирования температуры, изменения плотностей потока излучения определяют при изменении напряжения питания поочередно на плюс 10 и минус 15 % от номинального напряжения. Все измерения производят в установившемся режиме. Время, число и интервал между измерениями устанавливают в программе или методике аттестации.

В настоящее время государственного НТД по аттестации камер солнечного излучения нет.

Средствами измерений, которые могут применяться при аттестации камер солнечного излучения, являются:

- пиранометр М-80 м (в комплекте со светофильтрами из стекла БС 3 и БС 8) — для измерения интегральной плотности потока излучения;
- спектрометрический прибор полосовой СРП-86 — для измерения плотности потока излучения. Данный прибор должен быть аттестован под конкретную лампу, используемую в камере, или должна быть разработана методика выполнения измерений.

Аттестация камер соляного тумана. Параметрами воспроизводимого в камерах соляного тумана являются температура воздуха, дисперсность и водность тумана. В камерах соляного тумана имеет место неравномерность температуры воздуха и водности тумана по объему камеры. Поэтому к числу основных точностных характеристик камер соляного тумана, отражающих их способность воспроизведения тумана с определенными параметрами, можно отнести:

- диапазон и значения воспроизводимой температуры;
- время достижения установленного значения температуры;
- неравномерность распределения температуры в полезном объеме камеры;
- отклонение температуры в объеме камеры от заданного значения;
- погрешность устройства для измерения температуры в камере;

- погрешность устройства, задающего температуру в камере;
- водность соляного тумана в полезном объеме камеры;
- неравномерность распределения водности соляного тумана в полезном объеме камеры;
- дисперсность соляного тумана в полезном объеме камеры.

При аттестации камер соляного тумана в программу аттестации вносят точностные характеристики из числа вышеперечисленных, которые необходимо определять для конкретной камеры.

Для измерения температуры при аттестации камер соляного тумана используют те же СИ, что и при аттестации камер тепла. При этом ПИП температуры размещают в геометрическом центре, по углам камеры на расстоянии не менее 100 мм от стенок.

Для измерения водности тумана используют нестандартизованные СИ индивидуального изготовления – прибор Зайцева. Через прибор с помощью его насоса протягивают воздух, содержащий частицы тумана. Капли, осаждаясь на фильтровальную бумагу, покрытую сухим красящим веществом, впитываются ею и, растворяя краситель, оставляют на бумаге окрашенное пятно. В качестве красителя используют толченую смесь марганцовокислого калия и талька в соотношении 10:1. Водность тумана определяют по размерам пятна, пользуясь градуировочным графиком.

Градуировку фильтровальной бумаги производят непосредственно перед аттестацией. Для этого используют пипетку, заполненную слегка окрашенным марганцовокислым калием соляным раствором. Неокрашенной стороной бумаги прикасаются к торцу пипетки и по делениям шкалы пипетки определяют количество впитавшейся жидкости. Повторяя эксперименты, меняя при этом количество впитавшейся жидкости, измеряют диаметр соответствующих пятен и строят градуировочный график.

Определение дисперсности соляного тумана при аттестации камер производят методом микрофотографирования, который состоит в том, что капли тумана, осаждают на предметное стекло и фотографируют с помощью

микрофотоустановки. По полученным фотографиям капель с помощью измерительной лупы и шкалы объект-микрометра определяют диаметр и количество капель в каждой пробе, а затем средний процент капель тумана определенного размера для всех проб.

Испытания камер соляного тумана для определения температурных точностных характеристик производят без подачи тумана в камеру в установившемся режиме. Время, число и интервал между измерениями устанавливаются в программе аттестации.

Испытания камер для определения параметров тумана производят после достижения в камере заданного в программе аттестации значения температуры через 2–3 цикла работы аэрозольного аппарата в конце времени подачи тумана.

Количество точек взятия проб в полезном объеме камеры для определения параметров тумана устанавливаются в программе аттестации.

При определении водности для взятия пробы поршень насоса прибора Зайцева резким движением несколько раз выдвигают и вдвигают до упора с тем, чтобы за каждое качание набирался полный рабочий объем насоса. Число качаний определяется плотностью тумана и скоростью впитывания фильтровальной бумаги.

При определении дисперсности тумана для взятия пробы стекло с предварительно нанесенной на его поверхность смесью трансформаторного масла и вазелина в соотношении 2:1 помещают на 3–5 минут в камеру при работе аэрозольного аппарата. Фотографирование капель производят немедленно после взятия пробы, делая несколько снимков в различных местах пробы. На эту же пленку с тем же увеличением фотографируют шкалу объект-микрометра.

В перечень средств измерений, применяемых при аттестации камер соляного тумана, входят:

- прибор Зайцева – для определения водности тумана;

- лупа измерительная ЛИ 3-10 по ГОСТ 25706 – для измерения диаметра пятна на фильтровальной бумаге;
- пипетка 8-2-0,1 по ГОСТ 20292 – для градуировки фильтровальной бумаги;
- микроскоп Биолам-С2, ТУ 3-3.111 или Биолам-2, ТУ 3-3.1113 – для микрофотографирования капель тумана;
- объект-микрометр ОМП – для определения размеров капель тумана.

Аттестация камер грибообразования. Особенностью камер грибообразования является их способность воспроизведения температуры и относительной влажности с высокой равномерностью и при отсутствии циркуляции воздуха в полезном объеме камеры. К основным точностным характеристикам, определяемым при аттестации, можно отнести:

- значения воспроизводимой температуры и влажности;
- время достижения значений воспроизводимой температуры и влажности;
- неравномерность распределения температуры и влажности в полезном объеме камеры;
- отклонения температуры и влажности в полезном объеме камеры от заданного значения;
- погрешность измерительных устройств температуры и влажности камеры;
- погрешность задания температуры и влажности в камере.

Для измерения температуры и относительной влажности при аттестации камер грибообразования могут быть использованы те же СИ, что используют при аттестации камер тепла и влаги.

При подготовке к аттестации ПИП температуры размещают в восьми угловых точках плоскостей, ограничивающих полезный объем камеры, на расстоянии не менее 100 мм от стенок камеры, в геометрическом центре камеры и в контрольной точке.

Испытания камер грибообразования проводят при значениях температуры и влажности, установленных в программе аттестации.

Аттестация испытательных вибрационных установок.

Испытательные вибрационные установки являются многофункциональными, позволяющими воспроизводить гармоническую, полигармоническую узкополосную и широкополосную случайную вибрацию. Основными воспроизводимыми воздействующими факторами являются: амплитуда перемещения, амплитуда ускорения и частота вибрации. При аттестации определяют нормированные точностные характеристики, характеризующие равномерность распределения и стабильность данных параметров. Кроме того, определяют характеристики, специфичные для конкретного метода испытаний.

Основными точностными характеристиками, определяемыми при аттестации вибрационных установок, являются:

- диапазон ускорения, виброперемещения и частоты;
- неравномерность распределения ускорения по поверхности стола вибратора;
- коэффициент поперечных составляющих;
- коэффициент нелинейных искажений ускорений;
- погрешность воспроизведения ускорения и перемещения в контрольной точке;
- погрешность задания частоты колебания.

Кроме указанных выше точностных характеристик в вибрационных установках, предназначенных для испытаний на широкополосную случайную вибрацию, при аттестации определяют дополнительно следующие точностные характеристики:

- номинальный диапазон воспроизводимых частот;
- номинальный диапазон воспроизводимых уровней спектральной плотности виброускорения (СПУ) в номинальном диапазоне частот;

- номинальный диапазон воспроизводимых значений суммарного среднеквадратического значения виброускорения (СКЗ виброускорения) в номинальном диапазоне частот;
- неравномерность амплитуд по частотной характеристике (АЧХ) вибростенда в номинальном диапазоне частот;
- неравномерность уровня СПУ в контрольной точке и в измерительных точках;
- спад уровня СПУ за пределами номинального диапазона частот;
- уровень СПУ в поперечном направлении в контрольной точке;
- отклонение СКЗ виброускорения от заданного значения в контрольной точке.

Для измерения параметров вибрации при аттестации вибрационных установок используют измерительные комплекты, состоящие из ПИП, устройств формирования анализа и представления информации и устройств регистрации и преобразования информации.

В качестве первичного измерительного преобразователя применяются пьезоэлектрические вибродатчики, обладающие широким диапазоном рабочих частот, большой вибрационной прочностью, простотой конструкции, малыми размерами и массой.

Устройства формирования, анализа и представления информации состоят из фильтров, анализаторов, виброметров, вольтметров. К устройствам регистрации и преобразования информации относятся осциллографы, самописцы уровня, аналогоцифровые преобразователи.

Погрешность измерения параметров вибрации с помощью используемых при аттестации измерительных комплектов должна соответствовать требованиям к точности измерений, установленным в НТД на методы и средства аттестации испытательных вибрационных установок.

Аттестацию вибрационных установок проводят с весовыми эквивалентами нагрузок. Вариант нагрузки должен быть оговорен в программе аттестации.

При подготовке к аттестации виброустановок ПИП средств измерений параметров вибрации, применяемых при аттестации, размещают в контрольных точках стола вибратора, либо вблизи точек крепления эквивалента нагрузки или макета изделия. В указанных точках ПИП закрепляют одним из следующих способов:

- с помощью резьбового шпилечного соединения;
- с помощью клеев типа «Циакрин» или эпоксидных;
- с помощью специальных клеящих мастик.

В зависимости от возможностей виброустановок определение точностных характеристик производят либо методом фиксированных частот, либо методом автоматической раскачки частоты со скоростью качания не более 1 окт/мин. При методе фиксированных частот регистрируют результаты измерения параметров вибрации в контрольной и измерительных точках на каждой фиксированной частоте. При методе автоматической раскачки и частоты рекомендуется непрерывная регистрация указанных результатов.

Измерение частоты, воспроизводимой электромеханическими виброустановками производят либо непосредственно частотомером, либо измерением угловой скорости вращения ведущего вала вибростенда с помощью тахометра, либо с помощью осциллографа и низкочастотного генератора.

Коэффициент поперечных составляющих определяют в номинальном диапазоне частот с помощью виброметров с трехкомпонентными виброизмерительными преобразователями (ВИП) или с однокомпонентными ВИП, установленными в трех взаимно перпендикулярных направлениях. При этом значения ускорения и перемещения должны быть постоянны и составлять не менее 0,3 от верхних пределов номинальных диапазонов ускорения и перемещения установки. За номинальный диапазон частот принимают интервал, в котором обеспечивается воспроизведение ускорений и перемещений в их номинальных диапазонах.

При аттестации установок, воспроизводящих широкополосную случайную вибрацию (ШСВ) определяют:

- нижнее значение номинального диапазона частот f_n , за которое принимают большее из нижних значений номинальных диапазонов частот виброустановки и аппаратуры задания ШСВ;
- верхнее значение f_b , за которое принимают минимальное из верхних значений диапазонов частот виброустановки и аппаратуры задания ШСВ;
- верхние пределы воспроизводимых СКЗ виброускорения и уровней СПУ при воспроизведении спектра СПУ прямоугольной формы;
- нижнее СКЗ виброускорения, за которое принимают значение, превосходящее не менее чем в четыре раза СКЗ шума.

Спектр СПУ в контрольной точке определяют и регистрируют в диапазоне частот от f_n до $2f_b$ — в основном направлении вибрации; и в диапазоне частот от f_n до f_b — в поперечном направлении. Неравномерность СПУ определяют расчетным путем. СКЗ виброускорения в контрольной точке определяют с помощью виброметров СКЗ на выходе двух фильтров низких частот, подключаемых к вибродатчику и согласующему усилителю. По результатам измерений определяют значения точностных характеристик вибрационных установок, по которым делают выводы о соответствии установок предъявляемым требованиям.

Средства измерений, которые применяются при аттестации вибрационных установок:

- виброметр ВМ-1 и Преобразователи виброизмерительные типов КД-29, КД32, КД-35, АНС-104-03, ДН-3, ДН 4, ДН 5 – все они служат для измерения скорости, ускорения и перемещения;
- измерители нелинейных искажений типов С6-11, С6-8 – служат для измерения коэффициента гармоник ускорения и перемещения;
- анализаторы спектра типов СКА-58, С4-72/1 – для измерения СПУ;
- частотомер ЧЗ-3 8 – для измерения частоты;

- вольтметр цифровой типов В7-27А, В7-39 – для измерения напряжения и тока;
- осциллографы типов С1-65А, С 1-74 – для наблюдения формы кривой ускорения и перемещения;
- фильтр электрический типов ФЭ-2, ФЭ-4 – для ограничения частотного диапазона;
- генератор измерительный типов ГЗ-109, ГЗ-110 – для измерения частоты;
- измеритель вибрации АГИВУ-ЗАЦ – для измерения СКЗ ускорения.

Аттестация испытательных установок одиночного и многократного ударов. Испытания на ударные нагрузки предусматривают воспроизведение простых одиночных и многократно повторяющихся ударных импульсов, ударных воздействий, представляющих собой сложные затухающие переходные процессы, комплексных ударных воздействий. В качестве средств испытаний применяются специальные ударные стенды или в некоторых случаях вибрационные установки. Основными воспроизводимыми воздействующими факторами установок одиночного и многократного ударов являются максимальное ударное ускорение, длительность действия ударного импульса, частота ударов. При аттестации установок, качество воспроизведения указанных воздействий, характеризуется следующими нормируемыми точностными характеристиками, определяемыми при аттестации ударных стендов:

- диапазон частоты следования ударов;
- диапазон пикового ударного ускорения;
- диапазон длительности импульса;
- форма импульса;
- нестабильность пикового ударного ускорения;
- коэффициент неравномерности пикового ударного ускорения;

- коэффициент поперечных составляющих пикового ударного ускорения;
- погрешность воспроизведения длительности импульса;
- коэффициент наложенных колебаний.

Аттестация ударных стендов должна производиться при установленном эквиваленте нагрузки массой 0,25 т; 100 кг и $m_{ном}$.

Для измерения параметров удара при аттестации ударных испытательных установок применяют измерительные комплекты, состоящие из первичного измерительного преобразователя, согласующего усилителя, полосового фильтра, блока измерения параметров удара, анализатора спектра и регистрирующего устройства.

В качестве ПИП используются пьезоэлектрические вибродатчики, которые применяют и при аттестации вибростендов.

Согласующие измерительные усилители служат для согласования выходного сопротивления ПИП с входным сопротивлением осциллографа. В качестве измерителя параметров удара применяют либо запоминающие осциллографы, либо специальные регистраторы параметров удара.

Регистрирующими приборами служат двухкоординатные самописцы или светолучевые осциллографы.

К средствам измерения удара предъявляют жесткие требования по амплитудно-частотной характеристике, линейности характеристики, чувствительности к поперечным составляющим ударного напряжения, коэффициенту преобразования, максимальному измеряемому ударному ускорению.

Требования по точности к средствам измерений, применяемым при аттестации, изложены в НТД на методы и средства аттестации ударных установок.

Установку первичных измерительных преобразователей производят в контрольной точке на столе стенда. При определении коэффициента неравномерности параметров ударного импульса первичные измерительные

преобразователи кроме контрольной точки устанавливают еще в двух точках, максимально приближенных к местам крепления изделий. ПИП крепят к столу с помощью шпилечного соединения. Частота следования ударов проверяется на всех оцифрованных точках измерителя частоты в условиях максимальной нагрузки и регистрации числа ударов за одну минуту. Действительное число ударов фиксируют визуально. Время определяют по секундомеру.

Значения воспроизводимого установкой пикового ударного ускорения, длительности ударного импульса, форму импульса определяют на всех оцифрованных положениях органов управления установки, определяющих высоту падения или начальную скорость стола при использовании прокладок и их комбинаций при максимальной нагрузке на столе и без нагрузки.

Пиковое ударное ускорение, длительность и форму импульса измеряют в контрольной точке в направлении рабочей оси станда – оси Z.

Нестабильность параметров ударного ускорения определяют при максимальной нагрузке на столе установки при частоте и ускорении равных 0,8 от максимальных значений и длительности ускорения – 0,8 от минимального значения.

Коэффициент поперечных составляющих пикового ударного ускорения определяют в контрольной точке в направлении рабочей оси установки и еще взаимно перпендикулярных направлениях в плоскости стола.

Средства измерений, которые применяются при аттестации установок одиночного и многократного ударов:

- преобразователи виброизмерительные типов КД-29, КД-32, 8309, 4371 – для преобразования пикового ударного ускорения;
- усилители измерительные типов 2626, 2635, М60т – для согласования выходного сопротивления ПИП с входным сопротивлением осциллографа;
- регистратор параметров ударного ускорения 15ИЭУ-006 – для измерения в цифровой форме и регистрация пикового или мгновенного

значения ускорения, длительности ударного импульса или его фронтов, формы импульса;

- агрегатированный измеритель параметров вибрации и удара трехканальный АГИВУ-ЗАЦ – для измерения пикового ударного ускорения и длительности импульса;
- осциллографы типов С9-8, С8-18 – для записи и измерения ударного импульса;
- анализатор спектра СК4-56 – для визуального наблюдения спектра ударного импульса, запоминания мгновенного спектра;
- самописец двухкоординатный «Эндим 620.02» – для регистрации параметров пикового ударного ускорения.

Аттестация центрифуг испытательных. Испытательные центрифуги предназначены для испытания изделий на воздействие линейных ускорений. Основной воздействующей величиной является линейное ускорение. Различают центрифуги с поворотным и неповоротным столом. Основными нормированными точностными характеристиками, определяемыми при аттестации центрифуг, являются:

- диапазон и значение воспроизводимых ускорений;
- неравномерность ускорений в зоне размещения испытуемых изделий;
- наибольшее отклонение ускорений на среднем радиусе зоны размещения испытуемых изделий от заданного значения;
- нестабильность ускорений;
- время достижения предельного ускорения;
- погрешность измерительного устройства центрифуги;
- переходное сопротивление контактов коллектора.

Для центрифуг с поворотным столом неравномерность ускорений в зоне размещения испытуемых изделий не определяют.

Точностные характеристики центрифуги определяют с эквивалентом нагрузки, имеющим максимально допустимые для данной центрифуги массу

и габаритные размеры, указанные в эксплуатационной документации на центрифугу. При аттестации центрифуг измеряют угловую скорость, а точностные характеристики определяют расчетным методом по формулам, приведенным в НТД на методы и средства аттестации.

Для измерения параметров линейного ускорения при аттестации центрифуг применяют измерители угловой скорости (тахометры), средства измерения линейных размеров и счетчики времени.

Погрешность измерения параметров линейного ускорения с помощью средств, применяемых при аттестации, должна соответствовать требованиям, установленным в НТД на методы и средства аттестации центрифуг. Неравномерность ускорения в зоне размещения испытуемых изделий определяют при неподвижной центрифуге с помощью линейки путем измерения минимального и максимального радиусов зоны размещения испытуемых изделий. Наибольшее отклонение ускорения на среднем радиусе зоны размещения испытуемых изделий от заданного определяют на всех оцифрованных точках шкалы задающего прибора.

Измерения повторяют для каждого значения ускорения по шкале задающего прибора не менее 10 раз через равные промежутки времени в течение максимального времени непрерывной работы центрифуги. Момент достижения предельного ускорения определяют по срабатыванию системы автоматического регулирования ускорения или по показаниям измерительного устройства центрифуги при отсутствии сигнализации об автоматическом регулировании.

Средства измерений, которые могут применяться при аттестации центрифуг:

- тахометр СК-751 – предназначен для измерения угловой скорости;
- линейка измерительная металлическая – предназначена для измерения линейных размеров зоны размещения испытуемых изделий;

- секундомер С1-2а – предназначен для определения времени достижения предельного ускорения;
- частотомер электронно-счетный 43-57 – предназначен для определения времени достижения предельного ускорения.

5.2 Проведение испытаний

5.2.1 Отбор образцов для испытаний

Образец для испытаний – продукция или ее часть, или проба, непосредственно подвергаемые эксперименту при испытаниях.

Опытный образец – образец продукции, изготовленный по вновь разработанной рабочей документации для проверки путем испытаний соответствия его заданным техническим требованиям с целью принятия решения о возможности постановки на производство и (или) использования по назначению.

Согласно СТБ ИСО/МЭК 17025 лаборатория должна иметь план и методики отбора образцов, когда она выполняет отбор образцов веществ, материалов или продукции для последующих испытания или калибровки. План, а также и методика отбора образцов должны находиться на участке, где производится отбор образцов. Планы отбора образцов, когда это целесообразно, основываются на соответствующих статистических методах. Процесс отбора образцов должен характеризоваться показателями, которые контролируются для обеспечения достоверности результатов испытаний и калибровок.

Отбор образцов представляет собой определенную процедуру, посредством которой часть вещества, материала или продукции отбирается для проведения испытания или калибровки представительного образца из целого. Кроме того, отбор образцов может требоваться в соответствующем документе технических условий, по которому вещество, материал или

продукция должны быть испытаны или калиброваны. В некоторых случаях (например, судебный анализ) образец не может быть представительным.

Методики отбора образцов должны описывать отбор, план отбора, извлечение и подготовку образца или образцов из вещества, материала или продукции для получения требуемых данных.

Там, где заказчик требует отклонений от дополнений к или исключений из документированной методики отбора образцов, они должны быть подробно зарегистрированы вместе с соответствующими данными отбора образцов, включены во все документы, содержащие результаты испытаний и/или калибровок, и доведены до сведения соответствующего персонала.

Лаборатория должна иметь процедуры для регистрации соответствующих данных и операций, относящихся к отбору образцов, что составляет часть проводимых испытаний или калибровок. Эти учетно-отчетные документы должны содержать используемую методику отбора образцов, идентификацию сотрудника, отбирающего пробы, условия окружающей среды (если это имеет отношение к делу), схемы или другие равноценные способы идентификации участка отбора образцов при необходимости и статистические методы, на которых основаны методики отбора образцов, если такие применялись.

Отбором образцов занимается, как правило, испытательная лаборатория или компетентная организация по поручению испытательной лаборатории. Количество образцов, порядок их отбора, правила идентификации и хранения определяются нормативными или организационно-методическими документами по сертификации данной продукции и методиками испытаний.

В общем случае предъявляются следующие требования:

1. Испытания проводятся на образцах, конструкция, состав и технология изготовления которых должны быть такими же, как у продукции, поставляемой потребителю (заказчику).

2. Количество образцов, порядок их отбора, правила идентификации и хранения устанавливаются в соответствии с нормативными документами по сертификации данной продукции и методиками испытаний.

3. Отбор образцов для испытаний осуществляет, как правило, испытательная лаборатория. В случае проведения испытаний в двух и более испытательных лабораториях отбор образцов для испытаний может быть осуществлен органом по сертификации (при необходимости с участием испытательных лабораторий).

4. Образцы, прошедшие испытания, подлежат хранению в течение срока годности продукции или срока действия сертификата. Конкретные сроки хранения образцов устанавливаются в документах, устанавливающих порядок сертификации однородной продукции.

5. Заявитель представляет необходимую техническую документацию к образцу (образцам), состав и содержание которой устанавливается в порядке сертификации однородной продукции.

6. Испытания для сертификации проводятся в испытательных лабораториях, аккредитованных на проведение тех испытаний, которые предусмотрены в нормативных документах, используемых при сертификации данной продукции.

7. При отсутствии испытательной лаборатории, аккредитованной на компетентность и независимость, допускается проводить испытания для целей сертификации в испытательных лабораториях, аккредитованных только на компетентность, под контролем представителей органа по сертификации конкретной продукции. Объективность таких испытаний наряду с испытательной лабораторией обеспечивает орган по сертификации, поручивший испытательной лаборатории их проведение. Протокол испытаний в этом случае подписывают специалисты испытательной лаборатории и органа по сертификации.

8. Протоколы испытаний представляются заявителю и в орган по сертификации. Копии протоколов испытаний подлежат хранению не менее

срока действия сертификата. Конкретные сроки хранения копий протоколов (в том числе и для случая, когда заявителю не может быть выдан сертификат, ввиду несоответствия продукции установленным требованиям) устанавливаются в системе сертификации однородной продукции и в документах испытательной лаборатории.

9. Заявитель представляет в орган по сертификации документы, указанные в решении по заявке, в том числе документы о соответствии продукции установленным требованиям, выданные федеральными органами исполнительной власти в пределах своей компетенции (если это установлено законодательными актами Российской Федерации). При отсутствии у заявителя этих документов орган по сертификации обеспечивает взаимодействие с полномочными органами с целью их получения (учитывая это в объеме работ по сертификации продукции).

10. Заявитель может представить в орган по сертификации протоколы испытаний с учетом сроков их действия, проведенных при разработке и постановке продукции на производство, или документы об испытаниях, выполненных испытательными лабораториями, аккредитованными или признанными в системе сертификации.

После проверки представленных документов, в том числе соответствия содержащихся в них результатов действующим нормативным документам: сроков их выдачи, внесенных изменений в конструкцию (состав), материалы, технологию, – орган по сертификации может принять решение о выдаче сертификата соответствия или о сокращении объема испытаний, или проведении недостающих испытаний, что отражается в соответствующих документах.

Проведение испытаний, в большинстве случаев, осуществляется в лаборатории, либо перед отправкой, либо после доставки потребителю. Тем не менее, во многих случаях оно может быть осуществлено на месте производства или на местах, сразу же после доставки или установки. Испытания продукции для последующей сертификации проводятся

в аккредитованных испытательных лабораториях на проведение испытаний данного вида продукции (если испытательная лаборатория аккредитована на техническую компетентность и независимость).

В случае отсутствия испытательной лаборатории, аккредитованной на компетентность и независимость, допускается проводить испытания в испытательной лаборатории аккредитованной только на техническую компетентность, под контролем представителей Органа по сертификации конкретной продукции. Протоколы испытаний в таком случае подписываются специалистами испытательной лаборатории и органа по сертификации.

Все материалы, связанные с подготовкой проведения испытаний, конструированием и созданием средств испытаний, аттестацией испытательного оборудования, разработкой и аттестацией методик испытаний, а также все материалы наблюдений, измерений и обработки результатов испытаний, в том числе и отрицательных, зафиксированных на различных носителях информации (журналы наблюдений и испытаний, осциллограммы, магнитные ленты, диски памяти ЭВМ и т.д.), должны по мере проведения испытаний систематизироваться в хронологическом порядке без каких-либо изъятий и сохраняться в течение срока, установленного участвующими в испытании сторонами.

5.2.2 Протокол испытаний

Результаты испытаний записывают в протокол, содержащий выводы о соответствии продукции требованиями НТД и о стабильности технологического процесса (на основе сопоставления полученных результатов с результатами предыдущих периодических или приемочных, или квалификационных испытаний). Протокол утверждает предприятие (организация), проводившее испытания. Разработанная форма должна быть такой, чтобы она подходила ко всем проводимым видам испытаний или

калибровок и чтобы была сведена к минимуму возможность неправильного понимания или неправильного использования. Следует уделить внимание структуре протокола испытания или свидетельства о калибровке, особенно в отношении представления данных испытания или калибровки и легкости понимания читающим. Следует стандартизовать заголовки, насколько это возможно.

Протокол, составляемый по результатам испытаний, содержит:

- наименование испытательной организации, категорию и уровень испытаний;
- сведения об испытуемой продукции, с наименованием и условным обозначением продукции. Дату изготовления продукции, номер партии, порядковые номера образцов испытаний по системе нумерации предприятия-изготовителя. Перечень измеряемых параметров и их характеристики, а также требования к продукции, условия ее эксплуатации, хранения и транспортирования;
- описание испытаний (вид испытаний, наименование методики испытаний, условия и место проведения испытаний, их время и продолжительность);
- сведения о средствах испытаний: перечни испытательного оборудования и средств измерений; точностные характеристики испытательного оборудования и средств измерений, сведения об их аттестации; сведения о средствах обработки данных испытаний;
- результаты испытаний вместе с данными испытаний или наименованием и обозначением протокола данных, с предложениями испытательного подразделения и рекомендациями по совершенствованию или доработке продукции.

В каждом протоколе испытания или свидетельстве о калибровке должны содержаться, по крайней мере, следующие сведения, если у лаборатории нет обоснованных причин не выполнять это условие:

- a) название (например, «Протокол испытания» или «Свидетельство

о калибровке»);

б) название и адрес лаборатории, место проведения испытаний и/или калибровок, если его адрес отличается от адреса лаборатории;

в) уникальная идентификация протокола испытания или свидетельства о калибровке (такая как серийный номер), идентификация на каждой странице для того, чтобы распознавать данную страницу как часть протокола испытания или свидетельства о калибровке, и четкая идентификация конца протокола испытания или свидетельства о калибровке;

г) название и адрес заказчика;

д) идентификация применяемого метода;

е) описание, состояние и недвусмысленная идентификация Испытываемого(ых) или калибруемого(ых) образца(ов);

ж) дата получения испытываемого(ых) или поверяемого(ых) образца(ов), когда это важно для достоверности и применения результатов, и дата(ы) проведения испытания или калибровки;

з) ссылка на план и методики отбора проб, применяемые лабораторией или другими органами, когда они имеют отношение к достоверности или применению результатов;

и) результаты испытания или калибровки и, где необходимо, единицы измерения;

к) фамилия(и), функция(и) и подпись(и) или равноценная идентификация лица(лиц), которые утверждают протокол испытания или свидетельство о калибровке;

л) при необходимости заявление о том, что результаты относятся только к испытанным или откалиброванным образцам;

В дополнение к данным требованиям протоколы испытаний, где это необходимо для толкования результатов испытаний, должны содержать следующие сведения:

а) отклонения от, дополнения к или исключения из метода испытания, а также информация о специальных условиях испытания, таких

как условия окружающей среды;

б) при необходимости заявление о соответствии/несоответствии требованиям и/или техническим условиям;

в) там, где применимо, заявление о расчетной неопределенности измерений; информация о неопределенности требуется в протоколах испытаний тогда, когда это имеет отношение к достоверности и применению результатов испытаний, когда того требуют инструкции заказчика или неопределенность влияет на соответствие пределу, указанному в технических условиях;

г) там, где это необходимо и требуется, — заключения специалистов и толкования результатов;

д) дополнительная информация, которая может требоваться отдельными методами, заказчиками или группами заказчиков.

В протоколы испытаний, содержащие результаты отбора проб, должны быть включены следующие сведения, где это необходимо для толкования результатов испытаний:

а) дата отбора проб;

б) недвусмысленная идентификация вещества, материала или продукции, из которых производится отбор проб (включая название завода-изготовителя, модель или тип обозначения и серийные номера соответственно);

в) участок отбора проб, включая любые схемы, эскизы или фотографии;

г) ссылка на используемые план и методики отбора проб;

д) подробное описание любых условий окружающей среды во время отбора проб, которые могут влиять на толкование результатов испытаний;

е) любой стандарт или другой документ технических условий на метод или методику отбора проб, а также отклонения от соответствующих технических условий, дополнения к ним или исключения из них.

Когда в протокол испытания вносятся заключения специалистов и толкования результатов, лаборатория должна документально оформить основания, на которых сделаны эти заключения специалистов и толкования результатов. В протоколе испытания заключения специалистов и толкования результатов должны быть четко помечены как таковые.

В заключения специалистов и толкования результатов, приводимых в протоколах испытаний, можно включить, но не ограничиваться этим, следующие сведения:

- заключение специалистов о соответствии/несоответствии результатов установленным требованиям;
- выполнение договорных требований;
- рекомендации по применению результатов;
- указания, которые должны применяться для достижения усовершенствований.

Во многих случаях, возможно, уместно путем прямого диалога с заказчиком довести до его сведения заключения специалистов и толкования результатов. Такой диалог следует запротоколировать.

Если протокол испытаний содержит результаты испытаний, проведенных субподрядчиками, эти результаты должны быть четко идентифицированы. Субподрядчик должен представить отчет о результатах в письменном виде или с помощью электронных средств.

Если калибровка проводилась по договору с субподрядчиком, то лаборатория, выполнившая данную работу, должна выдать свидетельство о калибровке лаборатории-нанимателю.

Существенные изменения к протоколу испытания или свидетельству о калибровке после их выдачи должны вноситься только в виде дополнительного документа или передаваемых данных и включать формулировку:

«Дополнение к протоколу испытания (или свидетельству о калибровке), серийный номер ... (или другая идентификация)» или равноценная форма выражения.

Такие изменения должны удовлетворять всем требованиям настоящего международного стандарта.

Когда необходимо выдать полностью новый протокол испытания или свидетельство о калибровке, они должны быть уникальным образом идентифицированы и содержать ссылку на оригиналы, которые они заменяют.

Результаты испытаний – это оценка характеристик свойств объекта, установление соответствия объекта регламентированным требованиям по данным испытаний, результаты анализа качества функционирования объекта в процессе испытания. Результаты испытаний являются итогом обработки данных испытаний.

Организации, проводящие испытания продукции, обеспечивают в установленном порядке хранение всех документов, связанных с испытаниями продукции: программы и методики испытаний, рабочие журналы, отчеты, акты, протоколы, заключения и т.д. Рекомендуемая форма протокола испытаний приведена в Приложении Е.

5.3 Требования к компетентности испытательных лабораторий

5.3.1 Область применения и основные положения СТБ ИСО/МЭК 17025

Данный стандарт устанавливает общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий для проведения испытаний и/или калибровок, включая отбор проб. Стандарт распространяется на испытательные и калибровочные лаборатории, использующие стандартные, нестандартные и разработанные лабораториями методы.

Настоящий стандарт применяется для:

- всех организаций, которые проводят испытания и/или калибровки. Например, к ним относятся лаборатории первой, второй и третьей сторон и лаборатории, где испытания и/или калибровки являются составной частью инспекции и сертификации продукции.

- всех лабораторий, независимо от численности персонала или масштаба испытательной и/или калибровочной деятельности. Если лаборатория не занимается каким(и)-либо видом(ами) деятельности, на которые распространяется настоящий стандарт, как например, отбор проб и проектирование/разработка новых методов, то требования соответствующих разделов не применяются.

Данный стандарт предназначен для использования лабораториями при разработке систем, управляющих их работой: систем качества, административных и технических систем. Кроме того, он может использоваться заказчиками лабораторий, регламентирующими органами и органами по аккредитации при подтверждении или признании компетентности лабораторий.

Если испытательные и калибровочные лаборатории соответствуют требованиям данного стандарта, то в своей испытательной и калибровочной деятельности они будут работать по системе качества, которая отвечает также требованиям СТБ ISO 9001.

Основные положения стандарта:

1. Лаборатория должна установить и поддерживать процедуры управления всеми документами, (разработанными непосредственно в лаборатории или поступившими извне), которые составляют часть ее системы качества. К ним относятся регламенты, стандарты, другие нормативные документы, методы испытаний и/или калибровок, а также чертежи, программные средства, технические условия, инструкции и руководства.

2. Лаборатория должна выработать политику, разработать процедуру и назначить соответствующих уполномоченных лиц для

реализации корректирующего воздействия, когда выявлены работа, не соответствующая установленным требованиям, или отклонения от политики и процедур системы качества или от технических операций.

3. Лаборатория должна установить и поддерживать на должном уровне процедуры по идентификации, сбору, индексированию, доступу, учету, хранению, ведению и уничтожению документов, содержащие данные о качестве, и технических документов. Документы, содержащие данные о качестве, должны включать протоколы внутренних аудитов и анализов, проводимых руководством, а также документы о корректирующих и профилактических воздействиях.

4. Правильность и достоверность испытаний и/или калибровок, проводимых лабораторией, определяются многими факторами. Составляющими этих факторов являются:

- человеческие факторы;
- производственные условия и условия окружающей среды;
- методы испытаний и калибровок и подтверждение правильности (обоснованности) методов;
- оборудование;
- прослеживаемость измерений;
- отбор проб (образцов);
- погрузочно-разгрузочные операции для испытываемых и калибруемых образцов.

Влияние этих факторов на суммарную неопределенность измерений существенно отличается для различных (видов) испытаний и различных (видов) калибровок. Лаборатория должна вести учет этих факторов при разработке методов и методик испытаний и калибровок, при обучении и оценке квалификации персонала, при выборе и калибровке используемого ею оборудования.

5. Лаборатория должна применять соответствующие методы и методики для проведения всех испытаний и/или калибровок в рамках своей

сферы деятельности. Сюда относятся отбор проб, погрузочно-разгрузочные операции, транспортировка, хранение и подготовка испытываемых и/или калибруемых образцов и, при необходимости, оценивание неопределенности измерений, а также статистические методы для анализа данных испытаний и/или калибровок.

Лаборатория должна иметь инструкции по применению и эксплуатации всего необходимого оборудования, по погрузочно-разгрузочным операциям и подготовке образцов для испытания и/или калибровки или для того и другого, когда отсутствие таких инструкций могло бы подвергнуть риску результаты испытаний и/или калибровок. Все инструкции, стандарты, руководства и справочные данные, необходимые для работы лаборатории, должны поддерживаться в актуальном состоянии и быть легко доступны персоналу. Отклонение от методов испытаний и/или калибровок должны допускаться только тогда, когда это отклонение оформлено документально, технически обосновано, санкционировано и принято заказчиком.

6. Все оборудование, используемое для испытаний и/или калибровок, в том числе оборудование для вспомогательных измерений (например, для условий окружающей среды), оказывающее существенное влияние на точность или достоверность результата испытания, калибровки или отбора проб, должно быть откалибровано перед введением в эксплуатацию.

Лаборатория должна иметь утвержденные программу и процедуру для калибровки своего оборудования.

7. О результатах каждого испытания, калибровки или серии испытаний или калибровок, проведенных лабораторией, должны быть представлены точные, четкие, ясно изложенные и объективные отчеты, которые к тому же должны быть изложены в соответствии с любыми специальными инструкциями методов испытаний или калибровок

Должны быть представлены результаты (обычно в протоколе испытания или свидетельстве о калибровке), которые должны включать всю

информацию, запрошенную заказчиком и необходимую для толкования результатов испытания или калибровки, и всю информацию, требуемую по методу, который применялся.

В случае испытаний или калибровок проводимых для внутренних заказчиков, или в случае письменного соглашения с заказчиком отчет о результатах может быть представлен в упрощенном виде.

5.3.2 Технические требования к персоналу

Руководство лаборатории должно гарантировать компетентность всех сотрудников, которые работают на специальном оборудовании, проводят испытания и/или калибровки, оценивают результаты, подписывают протоколы испытаний и свидетельства о калибровках. Когда в этих работах заняты стажеры, должен быть обеспечен соответствующий надзор за их работой. Должна быть проведена оценка квалификации персонала, выполняющего специальные задачи, исходя из необходимого образования, подготовки, опыта работы и/или продемонстрированного мастерства, как это требуется.

Также в некоторых технических областях (например, неразрушающие испытания) может требоваться, чтобы персонал, выполняющий некоторые задачи, проходил аттестацию. Лаборатория несет ответственность за выполнение установленных требований к аттестации персонала. Требования к аттестации персонала могут быть нормативного характера, могут быть включены в стандарты для специальной технической области или могут требоваться заказчиком.

Персонал, ответственный за заключения специалистов и толкования результатов, включенные в протоколы испытаний, кроме соответствующих квалификации, подготовки, опыта работы и удовлетворительных знаний по проводимым испытаниям, должен также обладать:

- необходимыми знаниями технологии, применяемой для изготовления испытываемых изделий, материалов, продукции и т.п., или способа их применения или предполагаемого применения и знаниями о дефектах или ухудшении характеристик, которые могут возникать во время или в процессе эксплуатации;
- знаниями общих требований, выраженных в законодательных актах и стандартах;
- пониманием значимости обнаруженных отклонений от нормального применения изделий, материалов, продукции и т.п., о которых идет речь.

Руководство лаборатории должно сформулировать цели в отношении образования, обучения и квалификации персонала лаборатории. Лаборатория должна выработать политику и разработать процедуры для выявления потребностей в обучении персонала и обеспечения его обучения. Программа обучения должна соответствовать текущим и прогнозируемым задачам лаборатории.

Лаборатория должна использовать постоянный персонал или работников, нанятых по договору. Там, где используется персонал, нанятый по договору, дополнительные технические и вспомогательные ключевые специалисты, лаборатория должна гарантировать, что за работой такого персонала установлен надзор, такие работники являются компетентными и работают в соответствии с системой качества лаборатории.

Лаборатория должна поддерживать в актуализированном состоянии должностные инструкции для руководящего, технического персонала и ведущих вспомогательных специалистов, занятых в испытаниях и/или калибровках.

Должностные инструкции могут быть составлены по-разному. Как минимум в них должно быть определено следующее:

- ответственность за проведение испытаний и/или калибровок;

- ответственность за планирование испытаний и/или калибровок и оценивание результатов;
- ответственность за представление заключений специалистов и толкований результатов;
- ответственность за разработку и изменение методов и подтверждение правильности (обоснованности) новых методов;
- требуемые специальные знания и опыт работы;
- квалификацию и программы обучения;
- обязанности руководящего персонала.

Руководство должно уполномочить конкретных сотрудников для выполнения определенных видов отбора проб, испытаний и/или калибровок, выпуска протоколов испытаний и выдачи свидетельств о калибровках, заключений специалистов и толкований результатов, для работы на определенных видах оборудования. Лаборатория должна вести документы по учету необходимого(ых) полномочия(ий), компетенции, образовательного ценза, профессиональной подготовки, обучения, квалификации и опыта работы всего технического персонала, в том числе персонала, работающего по договору. Эти сведения должны быть легкодоступны и содержать дату, в которую подтверждается наделение полномочиями и/или компетенция.

5.3.3 Производственные условия и условия окружающей среды

Оборудование и помещения лаборатории, предназначенные для проведения испытаний и/или калибровок, в том числе источники энергии, освещение, условия окружающей среды должны быть такими, которые облегчают правильное проведение испытаний и/или калибровок.

Лаборатория должна обеспечить, чтобы воздействие окружающей среды не приводило к неверным результатам и не влияло отрицательно на требуемое качество любого измерения. Должны быть приняты особые меры, когда отбор проб, испытания и/или калибровки проводятся на участках вне

постоянных производственных площадей лаборатории. Технические требования к производственным условиям и условиям окружающей среды, которые могут повлиять на результаты испытаний и калибровок, должны быть оформлены документально.

Лаборатория должна осуществлять мониторинг, контроль и регистрацию условий окружающей среды, если они влияют на качество результатов или того требуют соответствующий документ технических условий, методы и методики. Надлежащее внимание должно уделяться, например, биологической стерильности, пыли, электромагнитным помехам, излучениям, влажности, электропитанию, температуре, уровням шума и вибрации, т.е. тем факторам, которые относятся к данной технической деятельности. Испытания и калибровки должны быть прекращены, когда условия окружающей среды подвергают риску результаты испытаний и/или калибровок.

Соседние участки, виды деятельности которых несовместимы, должны быть надлежащим образом отделены. Должны быть приняты меры для предотвращения перекрестного загрязнения.

Должен контролироваться доступ в зону работ, в случае его влияния на качество проведения испытаний и/или калибровок. Лаборатория должна определять степень контроля на основе конкретных обстоятельств.

Должны быть приняты меры для обеспечения содержания порядка в лаборатории. При необходимости должны быть подготовлены специальные процедуры.

5.3.4 Методы испытаний и их валидация

Выбор методов. Лаборатория должна применять методы испытаний и/или калибровок, в том числе методы отбора проб, удовлетворяющие потребностям заказчика и приемлемые для проводимых ею испытаний и/или калибровок. Предпочтительно применять те методы, которые опубликованы в международных, региональных или национальных стандартах.

Лаборатория должна гарантировать, что она использует последнее действующее издание стандарта, за исключением случаев отсутствия такой необходимости или возможности. При необходимости в стандарт должны быть внесены дополнительные подробности, чтобы обеспечить непротиворечивое применение.

Когда заказчик не определяет метод, который должен применяться, лаборатория должна выбрать соответствующие методы, опубликованные в международных, региональных или национальных стандартах, или техническими организациями с хорошей репутацией или в соответствующих научных изданиях или журналах, или методы, установленные заводом-изготовителем оборудования. Кроме того, могут применяться методы, разработанные или принятые лабораторией, если они подходят для предназначенной цели, и подтверждена правильность (обоснованность) их выбора. О выбранном методе надо сообщить заказчику. Лаборатория должна подтвердить до проведения испытаний или калибровок, что она может надлежащим образом работать со стандартными методами. Если стандартные методы изменяются, надо повторить подтверждение.

Лаборатория должна информировать заказчика, когда предложенный им метод оценивается как непригодный или устаревший.

Методы, разработанные лабораторией. Внедрение методов испытаний и калибровок, разработанных лабораторией для своего применения, должно планироваться, и для этой работы должен быть назначен квалифицированный персонал, оснащенный соответствующими ресурсами.

Планы должны обновляться по мере продолжения разработки методов и должно быть обеспечено эффективное общение между всеми сотрудниками, занятыми этой работой.

Нестандартные методы. Когда необходимо применять методы, которые не являются стандартными, данные методы должны быть согласованы с заказчиком и они должны содержать четкое описание

требований заказчика и цели испытания и/или калибровки. Разработанный метод перед применением должен быть валидирован. Новые методы и методики испытаний и/или калибровок следует разработать до проведения испытаний и/или калибровок и необходимо, чтобы в них содержались, по крайней мере, следующие сведения:

- а) соответствующая идентификация;
- б) область применения;
- в) описание типа испытываемого или калибруемого образца;
- г) определяемые параметры или величины и их диапазоны;
- д) приборы и оборудование, в том числе требования к техническим характеристикам;
- е) требуемые исходные эталоны и образцовые вещества;
- ж) требуемые условия окружающей среды и необходимый период стабилизации;
- з) описание методики, в том числе:
 - нанесение идентификационных знаков, погрузочно-разгрузочные операции, транспортировка, хранение и подготовка образцов;
 - проверки, проводимые до начала работы;
 - проверки того, что оборудование работает нормально, и, где требуется, проведение калибровки и регулировки оборудования перед каждым использованием;
 - способ регистрации наблюдений и результатов;
 - любые меры безопасности, которые должны соблюдаться;
 - критерии и/или требования для утверждения/браковки;
 - данные, подлежащие регистрации, метод анализа и способ представления;
- и) критерии и/или требования для утверждения/браковки;
- к) данные, подлежащие регистрации, метод анализа и способ представления;

л) неопределенность или методика для ее оценивания.

Валидация методов. Валидация – это подтверждение посредством экспертизы и представление убедительного доказательства, что выполняются определенные требования для конкретного применения по назначению.

Лаборатория должна валидировать нестандартные методы, методы, разработанные лабораторией, стандартные методы, применяемые для более широких целей, чем они предназначены, а также усложненные и модифицированные стандартные методы, чтобы подтвердить, что данные методы подходят для применения по назначению. Валидация должна быть настолько полной, насколько это необходимо, чтобы отвечать потребностям данного применения или области применения. Лаборатория должна регистрировать полученные результаты, методику, используемую для валидации методов, и заявление о том, подходит ли данный метод для применения по назначению.

Валидация может включать методики отбора проб, погрузочно-разгрузочные операции и транспортировку.

Методики, применяемые для определения характеристик метода, должны быть одной из следующих или их сочетанием:

- калибровка с применением исходных эталонов или образцовых веществ;
- сравнение с результатами, полученными с помощью других методов;
- межлабораторные сличения;
- систематическая оценка факторов, влияющих на результат;
- оценка неопределенности результатов на основе научного объяснения теоретических принципов метода и практического опыта работы с ним.

Если в нестандартные валидированные методы вносятся изменения, то их следует оформлять документально, и, если необходимо, следует провести новую валидацию.

Диапазон и точность значений, достигаемые с помощью валидированных методов должны соответствовать потребностям заказчиков.

Валидация включает описание требований, определение характеристик методов, проверку того, что требования можно выполнить с помощью данного метода, и заявление о достоверности.

По мере продолжения разработки метода требуется регулярно проводить анализ для проверки того, что требования заказчика все еще выполняются. Любое изменение требований, которое влечет за собой внесение изменений в план разработки, следует утвердить и получить на это санкцию.

Валидация – это всегда равновесие между затратами, рисками и техническими возможностями. Существует много случаев, когда диапазон и неопределенность значений (например, точность, предел обнаружения, избирательность, линейность, сходимость и/или воспроизводимость, устойчивость, робастность и поперечная чувствительность) могут быть заданы упрощенно вследствие отсутствия информации.

Оценивание неопределенности измерений. Калибровочная или испытательная лаборатория, выполняющая калибровки для своих собственных потребностей, должна иметь и применять методику оценивания неопределенности измерений для всех калибровок и видов калибровок.

Испытательные лаборатории должны иметь и применять методики оценивания неопределенности измерений. В некоторых случаях природа метода испытаний может помешать выполнить строгий, метрологически и статистически достоверный расчет неопределенности измерений. В этих случаях лаборатория должна, по крайней мере, попытаться выявить все составляющие неопределенности, выполнить приемлемое оценивание и обеспечить, чтобы форма представления отчета о результатах не производила неправильного впечатления о неопределенности. Приемлемое оценивание должно быть основано на знании характеристик метода, на

области измерений, и в нем должны использоваться, например, предыдущий опыт работы и данные по валидации.

Степень строгости, необходимая при оценивании неопределенности измерений зависит от таких факторов:

- требования метода испытаний;
- требования заказчика;
- наличие узких (производственных) границ (допусков), на

которых основываются решения о соответствии техническим условиям.

В тех случаях, когда широко признанный метод испытаний устанавливает пределы для значений основных источников неопределенности измерения и форму представления расчетных результатов, считается, что лаборатория выполнила требования этого раздела, применив данный метод испытаний и выполнив инструкции по представлению отчета.

При оценивании неопределенности измерения должны учитываться с помощью принятых методов анализа все ее составляющие, которые являются существенными в данной ситуации.

Прослеживаемость измерений. Для калибровочных лабораторий должна быть разработана и реализована программа калибровки оборудования для гарантии того, что калибровки и измерения, выполняемые лабораторией, прослеживаются до Международной системы единиц (SI).

Свидетельство о калибровке, на котором стоит логотип органа аккредитации, выданное калибровочной лабораторией, аккредитованной по данному международному стандарту на проведение калибровки, о которой идет речь, является достаточным доказательством прослеживаемости данных калибровки, представлен в протоколе.

Прослеживаемость до единиц физических величин системы SI может быть достигнута путем ссылки на соответствующий первичный эталон или на естественную константу, значение которой, выраженное в соответствующей единице SI, известно и рекомендовано Генеральной

конференцией по мерам и весам (ГКМВ) и Международным комитетом мер и весов (МКМВ).

Калибровочные лаборатории, которые имеют собственный первичный эталон или представление единиц SI на основе фундаментальных физических констант могут заявить о прослеживаемости до системы SI только после сличения этих эталонов, прямо или косвенно, с другими подобными эталонами национального метрологического института.

Термин «заданные метрологические характеристики» означает, что из свидетельства о калибровке должно быть ясно, по каким характеристикам было произведено сличение измерений: эти характеристики вносятся в свидетельство о калибровке, или на них дается точно выраженная ссылка.

Когда в связи с прослеживаемостью используются термины «Международный эталон» или «Национальный эталон», то предполагается, что эти эталоны выполняют свойства первичных эталонов для воспроизведения единиц SI.

Необязательно, что прослеживаемость до национальных эталонов требует использования эталонов национального метрологического института страны, в котором расположена лаборатория.

Если калибровочная лаборатория желает или ей требуется получить прослеживаемость до эталонов национального метрологического института не своей страны, то эта лаборатория должна выбрать национальный метрологический институт, который активно участвует в деятельности МБМВ или непосредственно, или через региональные группы.

Непрерывная цепь калибровок или сличений может быть достигнута за несколько этапов, выполняемых различными лабораториями, которые могут продемонстрировать прослеживаемость.

Есть ряд калибровок, которые в настоящее время невозможно выполнить строго в единицах SI. В этих случаях калибровка должна обеспечить доверие к измерениям путем установления прослеживаемости до соответствующих эталонов, как например:

- применение стандартных образцов, предоставляемых компетентным поставщиком, чтобы получить достоверные физические или химические характеристики вещества;
- применение установленных методов и/или согласованных эталонов, которые четко описаны и по которым сошлись во мнениях все заинтересованные стороны.

По возможности требуется участие в подходящей программе межлабораторных сличений.

Калибровочная лаборатория устанавливает прослеживаемость своих эталонов и средств измерений до единиц SI посредством непрерывной цепи калибровок или сличений, устанавливающих их связь с соответствующими первичными эталонами единиц физических величин системы SI. Связь с единицами SI может быть достигнута путем ссылки на национальный эталон. Национальные эталоны могут быть первичными эталонами, которые являются первичными воспроизведениями единиц или согласованными представлениями единиц SI на основе фундаментальных физических констант, или они могут быть вторичными эталонами, которые являются эталонами, калиброванными другим национальным метрологическим институтом. Когда прибегают к услугам по калибровке, предоставляемым внешними организациями, то прослеживаемость измерения должна быть обеспечена посредством услуг по калибровке, предоставляемых теми лабораториями, которые могут продемонстрировать компетентность, способность выполнять измерения и прослеживаемость. Свидетельства о калибровках, выдаваемые этими лабораториями, должны содержать результаты измерений, в том числе неопределенность измерений и/или заявление о соответствии заданным метрологическим характеристикам.

Лаборатория должна разработать программу и методику калибровки своих исходных эталонов. Исходные эталоны должен калибровать орган, который может обеспечить прослеживаемость. Такие исходные эталоны, которыми располагает лаборатория, должны использоваться только для

калибровки и ни для каких других целей, если невозможно продемонстрировать, что их функционирование в качестве исходных эталонов было бы обоснованным. Исходные эталоны должны калиброваться до и после любой регулировки.

Образцовые вещества, где это возможно, должны быть прослеживаемы до единиц физических величин системы SI или до стандартных образцов, должны проверяться собственные образцовые вещества лаборатории, насколько это технически и экономически осуществимо.

Проверки, необходимые для поддержания доверия к статусу калибровки исходных, первичных эталонов сравнения или рабочих эталонов и образцовых веществ должны проводиться в соответствии с установленными методиками и графиками.

5.4 Обеспечение доверия к результатам испытаний

5.4.1 Основные подходы к оцениванию точности результатов и методов измерений (испытаний)

Модельный подход. Каждое предприятие как потенциальный или реальный экспортер, выходя на внешние рынки, вынуждено принимать правила той страны или региона, чью границу пересекает продукция. Поэтому аккредитованным испытательным и калибровочным лабораториям для подтверждения своей технической компетентности следует придерживаться существующих подходов современной метрологии, а именно согласно требованиям СТБ ИСО/МЭК 17025 иметь методики оценивания неопределенности и отчеты о неопределенности результатов измерений, испытаний, калибровок. «Оценивание неопределенности не является ни рутинной работой, ни чисто математической, это процесс, основанный на детальном знании природы измеряемой величины и измерения, критическом размышлении, интеллектуальной честности, зависящий от профессионального мастерства и практического опыта тех, кто

участвует в оценивании». Оценивание неопределенности результата измерения предполагает большую «творческую» свободу в выборе и обосновании методики обработки результатов измерений, но одновременно повышает и степень ответственности метролога за свой выбор. Анализ данных опубликованных документов показал, что подходы к оцениванию неопределенности в измерениях (испытаниях) подразделяются на внутрилабораторный и межлабораторный (см. рис. 5.1). Подход моделирования или модельный (восходящий) подход, изложенный в Руководстве и рассмотренный в данной статье, подразумевает составление модельного уравнения и вычисление результата измерения (выходной величины) и его неопределенности через значения и неопределенности входных величин. В зависимости от применяемого способа комбинирования составляющих в основе реализации модельного подхода может использоваться закон распространения неопределенности или закон распространения распределений (рис. 5.2). Закон распространения неопределенности используется в базовой процедуре Руководства и тождественен принципу суммирования дисперсий и ковариаций.

Математически этот подход следует из аппроксимации модельного уравнения членами ряда Тейлора первого порядка и имеет вытекающие отсюда недостатки: применение такого подхода при существенно нелинейной зависимости дает смещенную оценку результата измерений и не вполне достоверную оценку суммарной стандартной неопределенности. Результат измерения является только аппроксимацией или оценкой значения измеряемой величины и, таким образом, будет полным, когда сопровождается значением неопределенности. Поскольку все величины априори имеют вероятностно-статистическую природу, нет принципиальных различий в природе измерений и получения информации о них. В основе оценивания неопределенности результатов и методов измерений лежат фундаментальные основы теоретической метрологии, заключающиеся в поэтапном восхождении от абстрактного к конкретному. Процесс

оценивания неопределенности можно представить в виде четырех этапов согласно рекомендациям Еврахим/Ситак или методом восьми шагов в соответствии с Руководством по выражению неопределенности в измерениях:

- 1) описание измерения и составление его модели;
- 2) анализ входных величин и их неопределенностей;
- 3) анализ корреляций;
- 4) расчет суммарной стандартной неопределенности;
- 5) составление бюджета неопределенности;
- 6) расчет значения выходной величины;
- 7) расчет расширенной неопределенности;
- 8) представление конечного результата измерения.

Приведенные в соответствие процедуры двух подходов приведены на рис. 5.1. Рассмотренные поправки обусловлены источниками, необязательно являющимися независимыми, некоторые из них могут вносить вклад друг в друга. Важно знать и учитывать физический принцип измерения (вплоть до полного устройства средства измерения) и всю цепь преобразований измеряемой величины в контексте «Причина – влияние – следствие». Функцию модели можно определить экспериментально или она может существовать в виде алгоритма, компьютерной программы или их комбинации. Процесс моделирования может быть бесконечным, но всегда нужно находить баланс между тщательностью составления модели, необходимой точностью и затратами ресурсов.



Рис. 5.2. Процесс оценивания неопределенности

Можно осуществлять группировку источников и учитывать совокупный эффект их влияния на результат, как это представлено на диаграмме причинно-следственной связи на рис. 5.3. В алгоритме на рис. 5.2 этап 3 предусматривает процедуры упрощения и группировки источников неопределенности, когда рассматривают каждый этап измерительной процедуры и добавляют на диаграмму влияющие величины как факторы, действующие вне пределов основных эффектов. Это делают для каждой основной ветви до тех пор, пока результирующие дополнительные эффекты не станут достаточно малыми, пока их влияние на результат не будет пренебрежимо мало. Данная модель позволяет наглядно представить все входные величины и источники неопределенности, сгруппировать их и исключить дублирование. Далее методом экспертных оценок проводят анализ значимости каждого источника и формируют окончательные модели

результата измерения — модель математических ожиданий и модель рассеяния. Для косвенного измерения модель математических ожиданий (1) разлагается на модели математических ожиданий прямых измерений (2). Модели рассеяния — это модели промежуточных неопределенностей и суммарной стандартной неопределенности, которые будут рассмотрены далее.

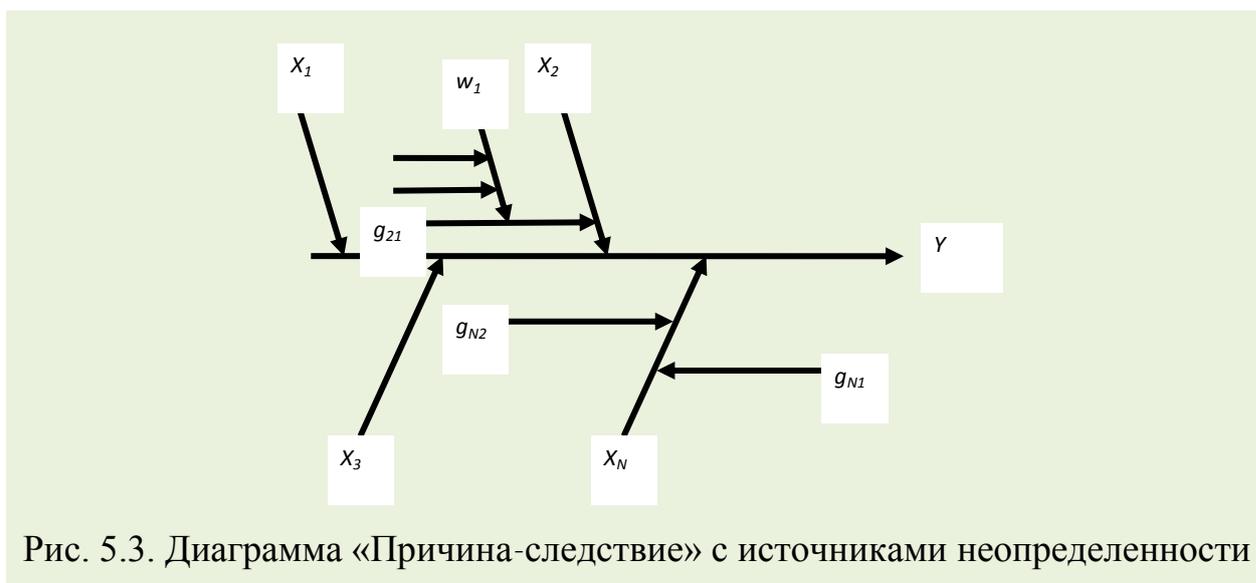


Рис. 5.3. Диаграмма «Причина-следствие» с источниками неопределенности

Оценивание стандартной неопределенности по типу A может основываться на любых обоснованных методах статистической обработки данных, таких как:

- расчет стандартного отклонения и среднего значения на основании серии наблюдений;
- использование метода наименьших квадратов для подбора кривой к данным (например, градуировочной кривой) и последующего расчета соответствующих оценок параметров градуировочной функции и их стандартных отклонений;
- проведение дисперсионного анализа для идентификации и определения значений отдельных случайных эффектов в измерениях, чтобы эти эффекты могли быть правильно приняты во внимание при оценивании неопределенности измеряемой величины и др.

Наилучшей доступной оценкой математического ожидания или ожидаемого значения μ_X величины X , изменяющейся случайным образом, для

которой были получены n независимых наблюдений X_i при одинаковых условиях измерения, является среднее арифметическое или среднее значение \bar{x} из n наблюдений:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (5.3)$$

Таким образом, для входной величины X_i , оцененной из n независимых повторных наблюдений, среднее арифметическое \bar{x} , полученное из (5.3), используется как входная оценка x_i в уравнении (5.2) для определения результата измерения, т.е. $x_i = \bar{x}$.

Случайные составляющие неопределенности предположительно возникают из непредсказуемых или стохастических временных или пространственных изменений влияющих величин. Эффекты таких изменений (случайные эффекты) вызывают изменения измеряемой величины при повторных наблюдениях, что следует из формулы для отклонения среднего значения измеряемой величины:

$$u(\bar{x}) = \frac{u(x)}{\sqrt{n}}, \quad (5.4)$$

где $u(x)$ – стандартная неопределенность входной величины x , рассчитываемая из выражения:

$$u(x) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2} \quad (5.5)$$

Экспериментальное стандартное отклонение среднего арифметического или усредненного значения рядов наблюдений $u(\bar{x})$ является мерой неопределенности среднего значения, обусловленной случайными эффектами.

Оценивание неопределенности по типу В основывается на базе научного суждения, основанного на всей доступной информации о возможной изменчивости X_j . Фонд информации может включать [2]:

- данные предварительных измерений;

- данные, полученные в результате опыта, или общие знания о поведении и свойствах соответствующих материалов и приборов;
- спецификация изготовителя;
- данные, которые приводятся в свидетельствах о калибровке и сертификатах;
- справочные данные.

Корректное использование фонда доступной информации для оценивания стандартной неопределенности по типу *B* требует интуиции, основанной на опыте и общих знаниях, и является мастерством, которое приходит с практикой. Имеющуюся информацию и знания или даже предположения о величинах X_i необходимо описать с помощью распределения вероятностей, чтобы затем определить оценки величин и их стандартные отклонения. При этом в метрологической практике чаще всего используются распределение Гаусса (нормальное), прямоугольное (равномерное), треугольное, трапецидальное.

Если бы лаборатория обладала неограниченными ресурсами, то все составляющие неопределенности оценивались бы статистическими методами на основе экспериментальных данных. Однако в некоторых измерительных ситуациях, когда не представляется возможным организовать достаточное количество независимых наблюдений, оценка стандартной неопределенности по типу *B* может быть такой же надежной, как и оценка по типу *A*.

Две входные величины могут быть независимы или связаны между собой, то есть, взаимозависимы или коррелированы. С позиций концепции неопределенности измеряемая величина трактуется как скаляр, в то же время ряд связанных измеряемых величин, определенных одновременно в том же самом измерении, требует замены скалярной измеряемой величины и ее дисперсии на векторную измеряемую величину и ковариационную матрицу. Значительная ковариация между двумя входными величинами может наблюдаться в случае, если «при их определении используют один и тот же измерительный прибор, физический эталон измерения или справочные

данные, имеющие значительную стандартную неопределенность» [2, с. 23]. Например, если поправка на температуру, необходимая для оценки x_i одной входной величины X_i , получается с помощью некоторого термометра и такая же поправка на температуру, необходимая для оценки x_j входной величины X_j , тоже получается с помощью этого же термометра, то две входные величины X_i и X_j могут быть значительно коррелированы.

Ковариация двух случайных переменных x и z является мерой их взаимной зависимости и определяется по формуле:

$$\text{cov}(x, z) = \text{cov}(z, x) = \iint (x - \mu_x)(z - \mu_z) p(x, z) dx dz \quad (5.10)$$

Ковариация $\text{cov}(x, z)$ может быть оценена с помощью дисперсии $s(x_i, z_i)$, полученной из n независимых пар x_i и z_i одновременных наблюдений x и z :

$$s(x_i, z_i) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(z_i - \bar{z}) \quad (5.11)$$

Оцененная ковариация средних значений \bar{x} и \bar{z} определяется как:

$$s(\bar{x}, \bar{z}) = \frac{s(x_i, z_i)}{n} \quad (5.12)$$

Степень корреляции между x и z характеризуется оцененным коэффициентом корреляции:

$$r(x, z) = \frac{u(x, z)}{u(x)u(z)}, \quad (5.13)$$

где $r(x, z) = r(z, x)$ и $-1 \leq r(x, z) \leq +1$.

Ковариация, связанная с оценками двух входных величин X и Z может устанавливаться равной нулю или рассматриваться как пренебрежимо малая, если:

а) величины X и Z являются независимыми друг от друга, например, если они в различных, независимых один от другого экспериментах многократно, но не одновременно наблюдались или если они представляют (описывают) результирующую величину различных, независимых друг от друга проведенных исследований;

б) одна из входных величин X или Z может рассматриваться как константа;

в) исходя из наших знаний и предположений просто не имеется никаких оснований для существования корреляции между входными величинами X_i и Z .

Расчет значения измеряемой или выходной величины Y заключается в нахождении значения ее оценки y . Полученное значение оценки принимается за результат измерения. Оценку выходной величины получают из уравнения модели, заменяя входные величины X_i их оценками x_i : $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$.

При этом предполагается, что значения входных величин являются лучшими оценками входных величин, что были внесены поправки на влияния и эффекты, значимые для данной модели. Если это не так, то необходимые поправки должны вводиться в модель в качестве отдельных входных величин.

Приведенные уравнения базируются на аппроксимации функции модели $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ рядом Тейлора первого порядка. Это справедливо для линейных функций. При значительной нелинейности функции $f(x)$ в ряд Тейлора нужно включать члены более высокого порядка.

С учетом ковариации выражение для суммарной неопределенности запишется в виде:

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n c_i^2 u^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n c_i c_j u(x_i, x_j)} \quad (5.14)$$

где $u(x_i, x_j)$ – оцененная ковариация x_i и x_j ; c_i , c_j – коэффициенты чувствительности, показывающие, как выходная оценка y изменяется с изменением значений входных оценок x_1, x_2, \dots, x_n , в большинстве случаев коэффициенты чувствительности рассчитываются как частные производные:

$$c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i} \quad (5.15)$$

Таким образом, выражение (5.14) запишется в виде:

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} u(x_i, x_j)} \quad (5.16)$$

Если выразить взаимозависимость величин через коэффициент корреляции, выражение (5.14) примет вид:

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \frac{\partial}{\partial x_i} \frac{\partial}{\partial x_j} u(x_i) u(x_j) r(x_i, x_j)} \quad (5.17)$$

Для некоррелированных величин суммарная стандартная неопределенность рассчитывается из выражений:

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n c_i^2 u^2(x_i)} \quad (5.18)$$

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i)} \quad (5.19)$$

Коэффициенты чувствительности иногда определяются экспериментальным путем с помощью измерения изменения выходной величины Y , вызванного изменением в входной величины X_i , поддерживая при этом остальные входные величины неизменными. В этом случае знание функции $y = f(x)$ сводится к эмпирическому разложению в ряд Тейлора первого порядка, основанного на измеренных коэффициентах чувствительности.

В случае коррелированных входных величин знак $u(x_i, z)$ обязательно должен приниматься во внимание.

Если функция модели f является суммой или разностью некоррелированных входных величин X_i с коэффициентами чувствительности, равными множителям p_i :

$$y = f(X_1, X_2, \dots, X_N) = \sum_{i=1}^N p_i X_i, \quad (5.20)$$

то выражение для суммарной неопределенности выходной величины запишется в виде:

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N p_i^2 u^2(x_i)} \quad (5.21)$$

Если функция модели f является произведением или отношением некоррелированных входных величин X_i со степенями p_i

$$y = f(X_1, X_2, \dots, X_N) = \prod_{i=1}^N X_i^{p_i} \quad (5.22)$$

то можно записать выражение для расчета относительной суммарной неопределенности (в этом случае нет необходимости в вычислении коэффициентов чувствительности):

$$\frac{u_c(y)}{y} = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left[\frac{p_i u(x_i)}{x_i} \right]^2} \quad (5.23)$$

Бюджет неопределенности (табл. 5.1) служит для обобщения и анализа вкладов каждого источника неопределенности в суммарную стандартную неопределенность с целью определения точности измерительного процесса, корректировки модели измерения или поиска способов уменьшения значений неопределенностей от некоторых вкладов.

Вклад в суммарную неопределенность $u_i(y)$ ($i=1, 2, \dots, n$) рассчитывается по формуле:

$$u_i(y) = c_i \cdot u(x_i) \quad (5.24)$$

Для прямого измерения $c_i = 1$, поэтому вклады входных величин будут численно равны их стандартным неопределенностям: $u_i(y) = u(x_i)$.

Следует обратить внимание, что в то время как стандартная неопределенность $u(x_i)$ всегда положительна, вклад в неопределенность $u_i(y)$ в зависимости от знака коэффициента чувствительности может принимать положительное или отрицательное значение. В случае некоррелированных величин этот знак не играет роли, так как в этом случае при расчете суммарной стандартной неопределенности вклады в неопределенность $u(x_i)$ возводятся в квадрат.

Расширенную неопределенность U получают путем умножения суммарной стандартной неопределенности $u_c(y)$ на коэффициент охвата k :

$$U_p(y) = k \cdot u_c(y) \quad (5.25)$$

В случае указания расширенной неопределенности результат измерения выражается в виде интервала $Y = y \pm U$ ($y - U \leq y \leq y + U$), который содержит большую часть распределения вероятностей, характеризуемого

результатом измерения и его суммарной стандартной неопределенностью, и является вероятностью охвата или уровнем доверия этого интервала.

При выборе значения коэффициента охвата k необходимо полное знание о распределении вероятностей выходной величины. При этом в концепции неопределенности используются положения Центральной Предельной теоремы, в соответствии с которой можно допустить, что распределение вероятностей, характеризуемое результатом измерения и его суммарной стандартной неопределенностью, может считаться нормальным в случаях, когда:

а) оценку y измеряемой величины Y получают из оценок x_i числа n^3 входных величин, которые описываются «хорошо ведущими себя» распределениями, такими как нормальное, прямоугольное, треугольное;

б) стандартные неопределенности $u(x_i)$ этих оценок дают сопоставимые вклады в суммарную неопределенность $u_c(y)$, связанную с оценкой выходной величины y ;

в) оценки неопределенностей входных величин являются достаточно надежными.

Следовательно, в случаях, когда выходной величине может приписываться нормальное распределение вероятностей, для расчета расширенной неопределенности $U_p = k_p u_c(y)$, которая обеспечивает уровень доверия p , можно использовать для k_p значения из нормального закона распределения. На практике, а также при проведении калибровок принимают $k = 2$ для интервала, имеющего уровень доверия $p = 95\%$ и $k = 3$ для интервала, имеющего уровень доверия $p = 99\%$.

При оценивании стандартной неопределенности по типу А из малого числа ($n < 10$) повторных наблюдений неопределенность такой оценки («неопределенность неопределенности») может достигать 50% при $n = 3$.

Когда выполняется условия центральной предельной теоремы, но не выполняется условие надежности распределение вероятностей результата измерения описывается распределением Стьюдента (t -распределением)

с эффективными степенями свободы ν_{eff} . Оценка эффективных степеней свободы ν_{eff} для стандартной неопределенности измерения $u_c(y)$ осуществляется с помощью уравнения Велча-Саттерсвейта:

$$\nu_{eff} = \frac{u_c^4(y)}{\sum_{i=1}^N \frac{u_i^4(y)}{\nu_i}}, \quad (5.26)$$

где ν_i – эффективная степень свободы вклада в неопределенность $u_i(y)$.

$$\nu_{eff} \leq \sum_{i=1}^N \nu_i. \quad (5.27)$$

Критерий надежности в общем полностью выполняется, если вклад в неопределенность, обусловленный стандартной неопределенностью входной величины, оцененной по типу A , определялся из числа повторных наблюдений не менее 10. Для значения стандартной неопределенности измерения $u(x_i)$, которое определяется по методу оценивания неопределенности по типу A , степень свободы рассчитывается как $\nu_i = n - 1$. Степени свободы для стандартной неопределенности измерения, значение которой определено по методу оценивания неопределенности по типу B , могут приниматься $\nu_i \rightarrow \infty$. Коэффициент охвата k определяют из табл. 5.2. Эта таблица базируется на t -распределении, которое установлено для вероятности охвата $p = 95,45\%$ и $p = 99,73\%$. Если ν_{eff} является не целым числом, то его уменьшают до ближайшего целого числа.

Таблица 5.1 – Бюджет неопределенности

Величина X_i	Единица измерения	Оценки x_i	Интервалот $-a$ до $+a$	Тип оценивания неопределенности	Распределение вероятностей	Стандартная неопределенность $u(x_i)$	Количество степеней свободы ν_i	Коэффициент чувствительности c_i	Вклад в суммарную неопределенность $u_i(y)$	Процентный вклад, %
X_1		x_1				$u(x_1)$		c_1	$u_1(y)$	
X_2		x_2				$u(x_2)$		c_2	$u_2(y)$	
...										
X_N		x_n				$u(x_n)$		c_n	$u_n(y)$	
Y		y							$u_c(y)$	

Таблица 5.2 – Значения эффективных степеней свободы и коэффициентов Стьюдента

ν_{eff}	1	2	3	4	5	6	7	8	10	20	50	∞
k_{95}	13,97	4,53	3,31	2,87	2,65	2,52	2,43	2,37	2,28	2,13	2,05	2,00
k_{99}	235,8	19,21	9,22	6,22	5,51	4,90	4,53	4,28	3,96	3,42	3,16	3,00

Когда вклад неопределенности какой-либо входной величины в суммарную стандартную неопределенность является доминирующим, то распределение вероятностей выходной величины предполагается аналогичным распределению вероятностей доминирующего вклада.

Для сравнения вкладов источников неопределенности в суммарную стандартную неопределенность используют понятие процентного вклада. Процентный вклад неопределенности i -ой входной величины в суммарную стандартную неопределенность вычисляется как:

$$\frac{u_i^2(y)}{u_c^2(y)} 100\% \quad (5.28)$$

Сумма всех процентных вкладов должна быть равна 100 %.

При записи результата измерения рекомендуется применять следующие способы. В качестве примера рассмотрим эти способы записи для эталона массы m_{SC} номинальным значением 100 г. Если мерой неопределенности измерения является суммарная стандартная неопределенность $u_c(y)$:

1) « $m_s = 100,02147$ г (с суммарной стандартной неопределенностью) $u_c(y) = 0,35$ мг»

или «100,02147 г; 0,35 мг»;

или «100,02147 г; $3,5 \cdot 10^{-6}$ », где число после « \dots » без указания единиц величин является относительной стандартной неопределенностью $u_c(y)/|y|$;

2) « $m_s = 100,02147(35)$ г», где цифры в скобках являются численным значением суммарной стандартной неопределенности $u_c(y)$, соответствующие последним цифрам приведенного результата;

3) « $m_s = 100,02147(0,00035)$ г», где число в скобках является численным значением суммарной стандартной неопределенности $u_c(y)$, выраженной в единицах величин результата измерения;
 или «100,02147 г (0,35 мг)», где число в скобках является численным значением суммарной стандартной неопределенности $u_c(y)$, выраженной в указанных единицах величин;
 или «100,02147 г ($3,5 \cdot 10^{-6}$)», где число в скобках без указания единиц величин являются относительной стандартной неопределенностью $u_c(y)/|y|$;

Если мерой неопределенности измерения является расширенная неопределенность U , то лучше всего указать результат в виде $y \pm U$. При этом наиболее полной будет следующая форма записи:

« $m_s = (100,02147 \pm 0,00079)$ г», где число следующее за знаком \pm , является численным значением расширенной неопределенности $U = k u_c(y)$, причем U определено из суммарной стандартной неопределенности $u_c(y) = 0,35$ мг и коэффициента охвата $k = 2$, основанного на нормальном распределении, и определяет интервал, оцененный как имеющий уровень доверия $p = 95\%$ »;
 а более краткой «100,02147 г \pm 0,00079 г ($k = 2, p = 95\%$)»
 или «100,02147 г \pm 0,79 мг ($k = 2, p = 95\%$)», где в скобках указано значение коэффициента охвата и уровня доверия.

Указание неопределенности измерения в свидетельстве о калибровке может быть представлено в следующей форме. В свидетельстве о калибровке должен быть указан полный результат измерения, состоящий из оценки y измеряемой величины и связанной с ней расширенной неопределенности измерения U в форме $y \pm U$. При этом рекомендуется использовать фразу следующего содержания:

«Указанная расширенная неопределенность является произведением стандартной неопределенности измерения и коэффициента охвата $k = 2$, и соответствует при нормальном распределении вероятности охвата приблизительно $p = 95\%$ ».

В случаях, где имеет смысл нахождение степеней свободы, эта фраза должна звучать следующим образом:

«Указанная расширенная неопределенность является произведением стандартной неопределенности измерения и коэффициента охвата $k = XX$, и соответствует при t -распределении с $\nu_{eff} = YY$ эффективными степенями свободы вероятности охвата приблизительно $p = 95\%$ ».

Значения оценки y и ее стандартной неопределенности $u_c(y)$ или расширенной неопределенности U не следует давать с избыточным числом цифр. Обычно достаточно привести их с двумя значащими цифрами, хотя в некоторых случаях может быть необходимо сохранить дополнительные цифры для того, чтобы избежать погрешности округления в следующих расчетах.

При сообщении окончательных результатов иногда может быть уместным округлить неопределенности в сторону увеличения, а не до ближайшей цифры.

Пример: $u_c(y) = 10,47$ мОм можно округлить до 11 мОм. Однако здравый смысл должен возобладать, и значение, такое как $u_c(y) = 28,05$ кГц, следует округлить до 28 кГц.

Выходные и входные оценки должны округляться так, чтобы соответствовать своим неопределенностям.

Пример: если $y = 10,05762$ Ом с $u_c(y) = 27$ мОм, то y следует округлить до 10,058. Коэффициенты корреляции должны даваться с точностью до третьей цифры, если их абсолютные значения близки к единице.

Эмпирический подход. Введение в действие стандарта СТБ ИСО 5725 на территории Республики Беларусь позволяет выполнять в полном объеме требования СТБ ИСО/МЭК 17025. Стандарт СТБ ИСО 5725 распространяется на методы измерений непрерывных (в смысле принимаемых значений в измеряемом диапазоне) величин, дающих в качестве результата испытаний единичное значение, несмотря на то, что данное единичное значение может быть результатом расчета, основанного на серии наблюдений (т.е. имеются в виду как прямые, так и косвенные измерения). Стандарт СТБ ИСО 5725 устанавливает точные определения значениям, которые характеризуют с количественной точки зрения способность метода измерений дать верный результат (правильность) или продублировать заданный результат (прецизионность). Стандарт СТБ ИСО 5725 может применяться для оценивания точности методов и результатов измерения состава и свойств очень широкой номенклатуры материалов, включая жидкости, порошкообразные и твердые материалы – продукты материального производства или существующие в природе.

Термин «измерение» в стандарте СТБ ИСО 5725 трактуется в расширенном смысле – как получение численного значения, в том числе и в процедурах испытаний, анализа, контроля.

Множество различных факторов (помимо вариаций между предположительно идентичными образцами) может способствовать изменчивости результатов в зависимости от метода измерений, в том числе:

- оператор;
- используемое оборудование;
- калибровка оборудования;
- условия окружающей среды (температура, влажность, загрязнение воздуха и т.д.);
- время, проходящее между измерениями.

Изменчивость между измерениями, осуществляемыми разными операторами и/или с использованием различного оборудования, как правило,

будет выше, чем изменчивость между измерениями, выполняемыми в пределах короткого интервала времени одним оператором с использованием одного и того же оборудования.

Система показателей точности представлена на рис. 5.7.

Точность – близость результата испытаний к принятому эталонному значению величины (ISO 3534-1).

Примечание – Термин «точность», когда его относят к серии результатов испытаний, включает в себя комбинацию случайных компонентов и общего компонента систематической ошибки или смещения.

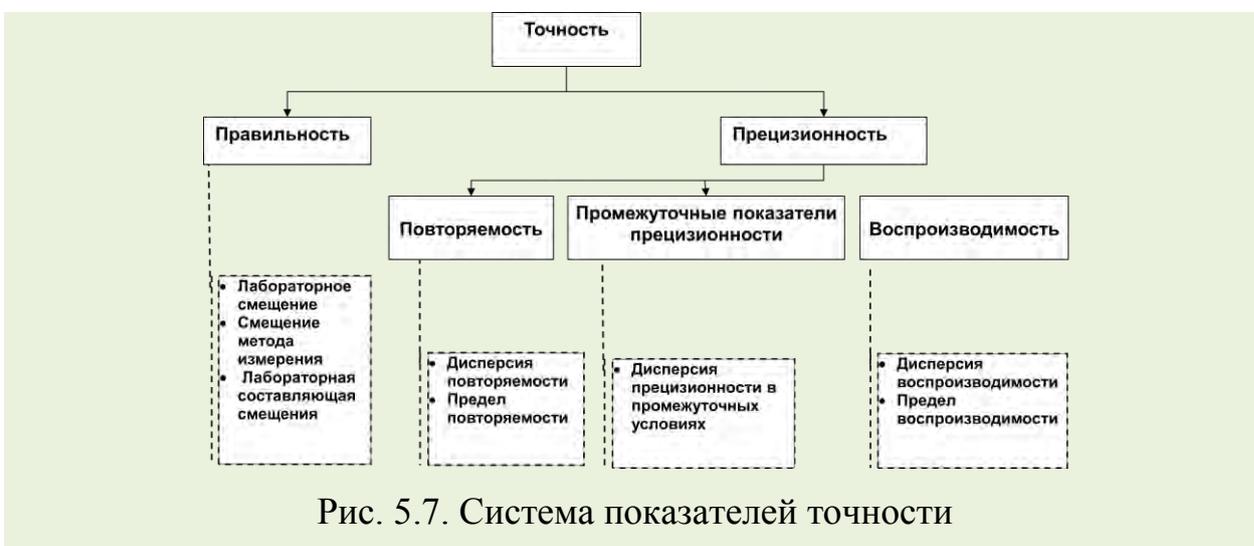


Рис. 5.7. Система показателей точности

Правильность – близость среднего значения, полученного в длинном ряду результатов испытаний, к принятому эталонному значению величины (ISO 3534-1).

Смещение – разность между математическим ожиданием результатов испытаний и принятым эталонным значением (ISO 3534-1).

Смещение – это общая систематическая ошибка в противоположность случайной ошибке. Может быть один или несколько компонентов, образующих систематическую ошибку. Большая систематическая ошибка соответствует большему значению смещения.

Лабораторное смещение – разность между математическим ожиданием результатов испытаний, полученных в отдельной лаборатории, и принятым эталонным значением.

Смещение метода измерений –разность между математическим ожиданием результатов испытаний, полученных во всех лабораториях, использующих данный метод, и принятым эталонным значением.

Примечание: Одним из практических примеров данного определения мог бы стать случай, где метод, направленный на измерение содержания серы в соединении, последовательно оказывается несостоятельным с точки зрения полного выделения серы, обрекая метод измерений отрицательным смещением. Смещение метода измерений оценивается отклонением среднего значения результатов, полученных от большого числа различных лабораторий, которые повсеместно пользуются одним и тем же методом, от принятого эталонного значения. Смещения метода измерений могут быть различными на разных уровнях.

Лабораторная составляющая смещения –разность между лабораторным смещением и смещением метода измерений.

Примечания:

1 Лабораторная составляющая смещения является специфической для данной лаборатории и условий измерений в пределах лаборатории, и ее значения также могут быть различными на разных уровнях испытаний.

2 Лабораторная составляющая смещения касается общего среднего значения результатов, но не истинного или эталонного значения.

Прецизионность –близость между независимыми результатами испытаний, полученными при определенных принятых условиях (ISO 3534-1).

Прецизионность зависит только от распределения случайных ошибок и не связана ни с истинным значением, ни с заданным значением.

Показатель прецизионности обычно выражают в терминах рассеяния и вычисляют как стандартное отклонение результатов испытаний. Малой прецизионности соответствует большее стандартное отклонение.

Независимые результаты испытаний означают результаты, полученные таким образом, что отсутствует влияние предыдущих результатов на том же самом или аналогичном объекте испытаний.

Количественные показатели прецизионности существенно зависят от принятых условий. Условия повторяемости и воспроизводимости являются совокупностями предельных условий, представляющими собой частный случай.

Повторяемость – прецизионность в условиях повторяемости (ISO 3534-1).

Условия повторяемости – условия, при которых независимые результаты испытаний получены одним методом на идентичных образцах испытаний в одной лаборатории одним оператором с использованием одного оборудования и за короткий интервал времени (ISO 3534-1).

Стандартное отклонение повторяемости – стандартное отклонение результатов испытаний, полученных в условиях повторяемости (ISO 3534-1).

Предел повторяемости – такое значение, что абсолютная разность между двумя результатами испытаний, полученными в условиях повторяемости, будет ожидаться меньше его или равной ему с вероятностью 95 % (ISO 3534-1).

Воспроизводимость – прецизионность в условиях воспроизводимости (ISO 3534-1).

Условия воспроизводимости – условия, при которых результаты испытаний получены одним методом на идентичных образцах испытаний в различных лабораториях, разными операторами с использованием различного оборудования (ISO 3534-1).

Стандартное отклонение воспроизводимости – стандартное отклонение результатов испытаний, полученных в условиях воспроизводимости (ISO 3534-1).

Это мера рассеяния распределения результатов испытаний в условиях воспроизводимости.

Аналогично «дисперсию воспроизводимости» и «коэффициент вариации воспроизводимости» можно было бы определять и использовать как меры рассеяния результатов испытаний в условиях воспроизводимости.

Предел воспроизводимости – такое значение, что абсолютная разность между двумя результатами испытаний, полученными в условиях воспроизводимости, будет ожидаться меньше его или равной ему с вероятностью 95 % (ISO 3534-1).

Примечание – Используется символ R .

Исходная модель. С целью оценки точности (правильности и прецизионности) метода измерений целесообразно предположить, что каждый результат испытаний y представляет собой сумму трех составляющих:

$$y = m + B + e, \quad ()$$

где (для конкретного исследуемого материала) m – общее среднее значение (математическое ожидание); B – лабораторная составляющая смещения согласно условиям повторяемости; e – случайная ошибка, имеющая место при каждом измерении согласно условиям повторяемости.

Общее среднее значение m представляет собой уровень испытаний; образцы различной химической чистоты либо различные материалы (например, различные типы стали) будут соответствовать различным уровням. Во многих технических ситуациях уровень испытаний определяется исключительно методом измерений, и такое понятие, как независимое истинное значение, не применяется. Тем не менее, в некоторых ситуациях понятие истинного значения μ испытываемого свойства может оказаться подходящим как, например, истинная концентрация раствора, подвергаемого титрованию. Уровень m необязательно равен истинному значению μ :

$$m = \mu + \delta, \quad ()$$

где δ – смещение метода измерений.

При рассмотрении различия между результатами испытаний, полученными посредством одного и того же метода измерений, смещение метода измерений не будет оказывать никакого влияния и им можно пренебречь. Тем не менее, при сопоставлении результатов испытаний со значением, установленным в договоре или стандарте, где в договоре или

технических условиях имеется ссылка на истинное значение μ , а не на «уровень испытаний» m , либо в том случае, когда сопоставляются результаты, полученные с использованием различных методов измерений, смещение метода измерений должно приниматься во внимание.

В том случае, если истинное значение существует и имеется в наличии пригодный эталонный материал, смещение метода измерений должно определяться согласно указаниям, представленным в СТБ ИСО 5725-4.

Член B рассматривается как величина, которая должна быть постоянной на протяжении любой серии испытаний, осуществляемых согласно условиям повторяемости, но различающейся для испытаний, выполняемых согласно другим условиям.

В том случае, когда постоянно сопоставляются результаты испытаний в двух одинаковых лабораториях, то для них необходимо определять их относительное смещение, либо исходя из их индивидуальных значений смещений, определяемых в ходе эксперимента по оценке точности, либо посредством выполнения частного исследования непосредственно между ними. Тем не менее, для того чтобы выработать общие положения касательно различий между двумя произвольными лабораториями либо в случае выполнения сличений между двумя лабораториями, которыми не были определены их собственные смещения, должно рассматриваться общее распределение лабораторных составляющих смещений. Это было аргументом в пользу понятия воспроизводимости.

Методики, представленные в СТБ ИСО 5725-2, разрабатывались с допущением, что распределение лабораторных составляющих смещений является приблизительно нормальным (распределением Гаусса), но на практике они применимы для большинства распределений при условии, что они являются унимодальными (одновершинными).

Дисперсия B носит название межлабораторной дисперсии и выражается следующим образом:

$$\text{var}(B) = \sigma_L^2, \quad ()$$

где σ_L^2 включает в себя изменчивости между операторами и между оборудованием.

В основном эксперименте по оценке прецизионности, изложенном в СТБ ИСО 5725-2, эти составляющие не разделяются. В СТБ ИСО 5725-3 представлены методы измерений величин некоторых случайных составляющих B .

Член B может рассматриваться в качестве суммы как случайных, так и систематических составляющих.

Член ошибки e представляет собой случайную ошибку, имеющую место в каждом результате испытаний, а методики, представленные в рамках СТБ ИСО 5725-1, были разработаны с предпосылкой, что распределение этой переменной величины является приближенно нормальным (распределением Гаусса), однако на практике они применимы для большинства распределений при условии, что они являются унимодальными (одновершинными).

В пределах одной лаборатории ее дисперсия согласно условиям повторяемости носит название внутрилабораторной дисперсии и выражается следующим образом:

$$\text{var}(e) = \sigma_W^2 \quad ()$$

Можно ожидать, что σ_W^2 будет иметь различные значения в различных лабораториях вследствие таких различий, как, например, квалификация операторов, однако в СТБ ИСО 5725-1 подразумевается, что для метода измерений, стандартизованного соответствующим образом, такие различия между лабораториями будут невелики, что позволяет установить общее значение внутрилабораторной дисперсии для всех лабораторий, пользующихся методом измерений. Данное общее значение, которое оценивается средним арифметическим внутрилабораторных дисперсий, носит название дисперсии повторяемости и обозначается следующим образом:

$$\sigma_r^2 = \overline{\text{var}(e)} = \overline{\sigma_W^2} \quad ()$$

Данное среднее арифметическое рассчитывается на основании данных всех тех лабораторий, принимающих участие в эксперименте по оценке точности, которые остаются после того, как будут исключены выбросы.

В качестве показателей прецизионности требуются две величины:

- стандартное отклонение повторяемости:

$$\sigma_r = \sqrt{\text{var}(e)}$$

- и стандартное отклонение воспроизводимости:

$$\sigma_R = \sqrt{\sigma_L^2 + \sigma_r^2}$$

Если при оценивании неопределенности используются оценки, рассчитанные на основании априорной информации (информации не статистического характера), то особенностью данного подхода является оценка указанных показателей на основании только статистических данных. И все статистические данные получают исключительно при совместном межлабораторном эксперименте, который в таком случае носит название «эксперимента по оценке точности». Эксперимент по оценке точности может также называться «экспериментом по оценке прецизионности» или «экспериментом по оценке правильности» в соответствии с его ограниченной целью.

Совместный оценочный эксперимент – это межлабораторный эксперимент, в котором показатели работы каждой лаборатории оцениваются с использованием одного и того же стандартного метода измерений на тождественном материале.

Межлабораторные эксперименты, объединенные в блоки, составляют основное содержание стандарта СТБ ИСО 5725. Это позволяет в одном блоке (в одном эксперименте) оценить все необходимые показатели. При этом уделяется внимание не только статистическим процедурам обработки данных межлабораторных сличений и расчетам нужных показателей точности

в соответствии со статистической моделью, но и организационным, техническим и методическим моментам.

Любой эксперимент состоит из четырех этапов: подготовка, проведение, обработка данных, представление результатов.

Идентичность образцов или проб – один из основных принципов стандартов СТБ ИСО 5725. Этот принцип соблюдается во всех случаях (в том числе и в экспериментах с неоднородными материалами), за исключением формирования проб для эксперимента с расщепленными уровнями.

На этапе проведения измерений главенствующую роль играют конкретные методики их выполнения. Основное требование стандартов СТБ ИСО 5725 – чтобы эти методики были стандартизованы.

Результаты межлабораторного эксперимента позволяют оценить методики не только с точки зрения их правильности и прецизионности, но и с точки зрения их полноты и отработанности.

Однако межлабораторный эксперимент сам по себе не влияет на процедуру выполнения измерений. Он лишь налагает некоторые требования на независимость результатов измерений и на соблюдения заданных условий их выполнения. А на отличительные признаки экспериментов оказывает влияние порядок комбинирования измерений и их результатов.

Процедуры выполнения измерений вообще не затрагиваются в стандартах СТБ ИСО 5725.

Комбинированный подход. Межлабораторные исследования, проводимые для оценивания показателей точности метода измерений, являются отличным источником данных для обоснования оценки неопределенности. Степень полезности зависит от факторов, которые учитываются при проведении эксперимента. Некоторые показатели качества, полученные при межлабораторном исследовании, могут напрямую использоваться при оценке неопределенности, некоторые же могут потребовать проверки с тем, чтобы выявить любые источники неопределенности, которые лежат за рамками данного межлабораторного эксперимента.

В любом случае любые данные межлабораторных экспериментов могут существенно сократить усилия, требующиеся для оценки неопределенности измерения. Применение показателей точности методов испытаний при оценивании неопределенности широко рассматривается в Руководстве ЕВРАХИМ/СИТАК с большим количеством примеров.

При установлении неопределенности измерений, выполняемых по стандартизованным методикам, возникает задача согласования значений неопределенности с показателями прецизионности, установленными по СТБ ИСО 5725. Для ее решения подкомитетом ПК 6 «Методы/методики измерений и результаты» Технического комитета ИСО/ТК 69 «Применение статистических методов» был разработан документ СТБ ISO 21748.

Основные принципы данного документа:

- стандартное отклонение воспроизводимости, полученное по результатам проведения совместных оценочных экспериментов (по СТБ ИСО 5725) является неоспоримой основой для оценивания неопределенности измерений;
- эффекты (влияния), не изученные в процессе проведения совместных оценочных экспериментов, должны либо признаваться незначительными (с приведением соответствующих доказательств), либо учитываться дополнительно (в явном виде) посредством расширения основной

статистической модели, используемой при совместных оценочных экспериментах.

СТБ ISO 21748 «Руководство по применению оценок повторяемости, воспроизводимости и правильности при оценивании неопределенности измерений» предлагает следующую модель по оцениванию неопределенности:

$$u^2(y) = s_R^2 + u^2(\mu) + \sum c_i^2 u^2(x_i), \quad ()$$

где y – результат измерения;

$u(y)$ – суммарная стандартная неопределенность;

s_R – стандартное отклонение воспроизводимости;

$u(\mu)$ – стандартная неопределенность аттестованного значения стандартного образца;

$u(x_i)$ – стандартная неопределенность, связанная с i -ой влияющей величиной;

c_i – коэффициент чувствительности.

При использовании модели необходимо выявить влияющие величины, не предусмотренные условиями эксперимента по определению стандартного отклонения воспроизводимости, а также влияющие величины, значения которых остались в ходе эксперимента постоянными. Для этого должна быть доступна полная информация о плане и результатах проведенного межлабораторного эксперимента.

В соответствии с принципами, положенными в основу СТБ ISO 21748 предлагается следующий алгоритм оценивания неопределенности измерений:

- получить оценки повторяемости, воспроизводимости и правильности применяемой в лаборатории методики из опубликованной информации об исследованиях этой методики, проведенных в соответствии с СТБ ИСО 5725;

- установить, не выходит ли лабораторное смещение за пределы, определяемые в соответствии с требованиями СТБ ИСО 5725;

- установить, не выходят ли показатели прецизионности (повторяемость и промежуточные показатели прецизионности), получаемые в результате текущих измерений при применении методики за пределы, вычисляемые на основе установленных при проведении совместного оценочного эксперимента оценок повторяемости и воспроизводимости в соответствии с требованиями СТБ ИСО 5725;

- установить все возможные эффекты (влияния), которые не были адекватно учтены на стадии проведения совместного оценочного эксперимента, и количественно оценить степень рассеяния результатов (оценка дисперсии), связанного с влиянием этих эффектов (с установлением соответствующих коэффициентов чувствительности);

- если доказано, что показатели правильности и прецизионности находятся под контролем (не превышают установленных пределов), то оценку суммарной неопределенности результата получают через соответствующее комбинирование оценки воспроизводимости (установленной при проведении совместного оценочного эксперимента), неопределенности, связанной с правильностью, и неопределенностей, связанных с эффектами от дополнительных влияний.

При использовании модели в соответствии с СТБ ISO 21748 в отношении конкретной лаборатории следует обратить внимание на следующие дополнительные эффекты, которые могли не учитываться при организации и проведении совместных оценочных экспериментов, но могут оказать значительное влияние на неопределенность результатов, получаемых этой лабораторией с применением стандартизованного метода:

- пробоотбор (исследования редко включают стадию пробоотбора);
- неоднородность образцов (рутинных проб);
- пробоподготовка (иногда может быть необходимым исследование возможных эффектов от отдельных процедур пробоподготовки, применяемых внутри конкретной лаборатории);

- изменение типа или состава объекта испытаний (совместные оценочные эксперименты обычно проводят на ограниченном количестве образцов ограниченного типа);
- зависимость показателей прецизионности и правильности от уровня (значения измеряемой величины) и т.п.

5.4.2 Проверка лаборатории на качество проведения испытаний

Постоянная уверенность в компетентности лабораторий важна не только для самих лабораторий и их клиентов, но и других заинтересованных сторон, таких как органы по аккредитации лабораторий и др. Стандарт ISO/IEC 17043 определяет общие требования к компетентности субъектов, разрабатывающих схемы (программы) профессионального тестирования, к разработке и использованию этих программ. Квалификационное тестирование предусматривают межлабораторные сравнительные испытания для определения качества работы лаборатории, а точнее, для оценки ее текущей компетентности. Лаборатории демонстрируют свою компетентность, выполняя требования СТБ ИСО/МЭК 17025, а дополнительная уверенность в результатах достигается за счет участия в межлабораторных сравнительных испытаниях, проводимых специальным координатором профессионального тестирования в соответствии с ISO/IEC 17043. Данный международный стандарт касается управления, планирования, создания, комплектации персоналом организации, осуществляющей профессиональное тестирование. В дополнение к требованиям по разработке и применению профессионального тестирования, документ содержит информативные приложения по следующим вопросам: типичные виды программ профессионального тестирования; статистические методы, которые могут применяться в таких случаях; выбор и использование программ профессионального тестирования лабораториями, органами по аккредитации,

регулирующими органами и другими заинтересованными сторонами. **Межлабораторные сличения** – организация, проведение и оценка испытаний на одинаковых или подобных контрольных образцах двумя или более лабораториями в соответствии с заданными условиями. В некоторых случаях одной из лабораторий, задействованных во взаимном сличении, может быть лаборатория, которая обеспечивает для контрольного образца приписанное значение.

Эталонная лаборатория – лаборатория, которая обеспечивает приписанное (эталонное) значения контрольного образца (например, национальная поверочная лаборатория).

Приписанное значение – значение, приписанное конкретной величине и для которого принято, иногда на основе соглашения, что его неопределенность соответствует заданной цели.

Прослеживаемость – свойство результата измерения или значение эталона, заключающееся в возможности установления его связи с соответствующими эталонами, обычно национальными или международными, посредством непрерывной цепи сличений, имеющих установленные неопределенности.

Координатор – одно или несколько лиц, осуществляющих организацию и управление всеми видами деятельности, связанными с реализацией программы проверки квалификации.

Эти методы приписывают меньший вес экстремальным результатам, а не исключают их из совокупности значений.

Провайдер проверки квалификации – организация, которая несет ответственность за все задачи по разработке и выполнению программы проверки квалификации.

Межлабораторные сличения проводятся для различных целей и могут применяться участвующими в них лабораториями и другими сторонами для:

- определения способности отдельных лабораторий проводить специальные испытания или измерения и для дальнейшего контроля способности лабораторий проводить испытания;
- выявления в лабораториях проблем и инициирования проведения корректирующих воздействий, что может быть связано, например, со способностью отдельных сотрудников проводить испытания или поверку (калибровкой) аппаратуры;
- установления эффективности и сравнимости новых методов испытаний или измерений и подобным образом использования их для контроля принятых методов;
- обеспечения дополнительного доверия у заказчиков лаборатории;
- выявления различий между лабораториями;
- определения характеристик метода, отражающих способность проводить испытания – часто известных как совместные испытания;
- приписывания значений стандартным образцам и оценки их пригодности для использования в методиках специальных испытаний или измерений.

Проверка качества проведения испытаний – это использование межлабораторных сличений для определения способности лаборатории проводить испытания или измерения. Однако, при реализации программ проверки на качество проведения испытаний зачастую, кроме того, может обеспечиваться информация для других целей, перечисленных выше.

В результате участия лабораторий в программах проверки на качество проведения испытаний они обеспечиваются объективными средствами для выполнения оценки и демонстрации надежности данных, которые они получают. Несмотря на то, что существует несколько типов программ проверки на качество проведения испытаний (см. раздел 4), в большинстве из них используется такой подход как сличение результатов измерений и испытаний, полученных двумя или более лабораториями.

Одним из основных применений программ проверки на качество проведения испытаний является оценка способности лаборатории компетентно проводить испытания. Сюда может относиться оценка самими лабораториями, их заказчиками или другими сторонами, такими как органы по аккредитации или регламентирующие органы. Данный подход дополняет собственные методики лабораторий для проведения внутрилабораторного контроля качества, обеспечивая дополнительную внешнюю оценку их способности проводить испытания. Подобная деятельность, кроме того, дополняет методику оценки лаборатории на месте техническими специалистами (обычно применяется органами по аккредитации лабораторий). Доверие к тому, что результаты испытательной или поверочной (калибровочной) лаборатории надежны и непротиворечивы, имеет важное значение для заказчиков, пользующихся услугами лаборатории. Пользователи, которые хотят получить такую гарантию, могут предпринять свою собственную оценку результатов или могут использовать оценку других органов.

В то время, как в настоящем стандарте упор делается на проведение межлабораторных сличений для проверки на качество проведения испытаний, большинство приведенных принципов и правил применимы к проведению межлабораторных сличений для других целей.

Характеристики функционирования результатов участников проверок квалификаций определяются на основании анализа полученных данных и применения статистических методов, изложенных в ISO/IEC 17043 (приложение С) и ISO 13528. ISO 13528 является дополнением к ISO/IEC 17043 и обеспечивает детальное руководство по применению статистических методов при проверках квалификации лабораторий. По результатам проверки квалификации каждая лаборатория получает числовой индикатор своей компетентности – характеристику функционирования. В большинстве случаев, характеристика функционирования численно отражает отклонение результата измерений участника от приписанного значения с учетом

допускаемой или приемлемой точности измерений. Поэтому очень важными и ответственными этапами являются установление приписанного значения и точности измерений (выражается в виде стандартного отклонения для оценки квалификации), определяющими основу (базу), с которой будут сравниваться результаты измерений участников.

ISO/IEC 17043 рекомендует использовать следующие способы установления приписанного значения и связанной с ним неопределенности:

- согласно процедуре приготовления;
- как сертифицированное значение;
- как значение, приписанное стандартному образцу;
- как согласованное значение от эталонных лабораторий;
- как согласованное значение от участников.

В двух последних случаях приписанное значение рассчитывается, как правило, с применением алгоритмов робастного анализа данных, например, как робастное среднее по приложению СТБ ISO 13528, или как медиана, согласно положений гармонизированного протокола IUPAC для проверок квалификации в химических аналитических лабораториях

В качестве стандартного отклонения для оценки квалификации международные документы рекомендуют использовать:

- установленное значение (например, законодательством);
- заданное значение (в соответствии с целью проверки квалификации);
- из основной модели для воспроизводимости метода испытаний;
- из результатов прецизионного эксперимента;
- согласованное значение от участников.

В последнем случае рекомендуется использовать алгоритм робастного анализа данных, например, алгоритм А вычисления робастного стандартного отклонения в соответствии с приложением СТБ ISO 13528.

Статистики функционирования, отражающие качество функционирования участвующей лаборатории при выполнении

определенного вида измерений (испытаний, анализа и контроля), выбираются в зависимости от области измерений, методов измерений/испытаний и доступной информации об измеряемом объекте и измеряемой величине.

Статистика функционирования рассчитывается по результату измерений конкретного участника, который он заявил для измеряемой величины. Заключение об удовлетворительном значении статистики функционирования, и, следовательно, о корректности проведенных участником измерений/испытаний, делается по результатам сравнение значения статистики функционирования со своим критическим значением при заданном уровне доверия. Если значение статистики функционирования не превысило своего критического значения, то ее рассматривают удовлетворительной и делают заключение о приемлемом функционировании участника при измерении заданной величины по применяемому методу измерений в рамках данного тура проверки квалификации.

Несмотря на то, что многие органы по аккредитации лабораторий реализуют свои собственные программы проверки на качество проведения испытаний, значительное количество таких органов используют также программы проверки на качество проведения испытаний или другие формы межлабораторных сличений, реализованные другими органами. Цель стандарта ISO/IEC 17043 состоит в том, чтобы дать гармонизированные принципы выбора соответствующих межлабораторных сличений для применения их органами по аккредитации лабораторий как программ проверки на качество проведения испытаний.

Проверка лаборатории на качество проведения испытаний употребляется в его самом широком значении и включает, например:

- программы по определению качественного состава, например, когда лабораториям требуется определить компонент испытываемого образца;

- проверки на преобразование данных, например, когда лаборатории снабжаются наборами данных и требуется обработать эти данные, чтобы обеспечить дополнительную информацию;
- испытания одиночного образца, когда один образец последовательно посылается в ряд лабораторий и возвращается организатору через определенные промежутки времени;
- одноразовые проверки, когда лаборатории снабжаются испытываемым образцом на один раз;
- постоянно действующие программы, когда лаборатории снабжаются испытываемыми образцами через регулярные промежутки времени постоянно;
- отбор проб, например, когда требуется, чтобы отдельные лица или организации отбирали пробы для последующего анализа.

Методики проверки на качество проведения испытаний изменяются в зависимости от природы испытываемого образца, используемого метода и количества участвующих лабораторий. В большинстве из них присутствует общий подход, заключающийся в сличении результатов, полученных в одной лаборатории с результатами, полученными в другой или в нескольких других лабораториях. В некоторых программах одна из участвующих лабораторий может выполнять функцию контроля, координации или выдавать эталонные значения.

Общеизвестными являются следующие типы программ проверки на качество проведения испытаний:

- программы сличения измерений;
- программы межлабораторных испытаний;
- программы испытаний распределенной пробы;
- программы испытаний качественных характеристик;
- программы с известным значением;
- программы части процесса.

Программы сличения измерений. Программы сличения измерений представляют собой процедуру, по которой измеряемый или калибруемый образец последовательно рассылается от одной участвующей лаборатории в другую.

Особенности таких программ обычно заключаются в следующем.

1) Приписанные значения для контрольного образца обеспечиваются эталонной лабораторией, которая, возможно, является в данной стране высшим органом по данным измерениям. Может быть необходимым проверять контрольный образец на отдельных стадиях во время выполнения проверки на качество проведения испытаний. Это необходимо для гарантии того, что не произошло значительных изменений приписанного значения в ходе проверки на качество проведения испытаний.

2) Для завершения программ, включающих последовательное участие, требуется время (в некоторых случаях несколько лет). Это вызывает целый ряд трудностей, как например: обеспечение стабильности образца; строгий контроль за его перемещением и временем, отводимым на измерение отдельными участниками; необходимость обеспечить обратную связь между отдельным исполнителем и лабораториями во время реализации программы, а не ожидать, пока она завершится. Кроме того, может оказаться, что трудно сравнивать результаты на групповой основе, так как, возможно, имеется сравнительно мало лабораторий, средства измерений которых достаточно точно соответствуют друг другу.

3) Результаты отдельных измерений сличают с эталонным значением, установленным эталонной лабораторией. Координатору следует учитывать заявленную неопределенность измерения каждой участвующей лаборатории.

К примерам образцов (искусственных объектов измерения), используемых в данном типе проверки на качество проведения испытаний, относятся исходные эталоны (напр., резисторы, меры и средства измерений).

Программы межлабораторных испытаний. В программах межлабораторных испытаний применяются пробы, отобранные из источника материала случайным образом и распределяемые одновременно между участвующими лабораториями для проведения параллельных испытаний. Иногда эта методика используется также для программ межлабораторных измерений. После завершения испытаний результаты возвращают в координирующий орган и сличают с приписанным(и) значением(ями) для составления характеристики отдельных лабораторий и группы в целом.

К примерам контрольных образцов, используемых в данном типе проверки на качество проведения испытаний, относятся пищевые продукты, жидкости, вода, почва и другие вещества окружающей среды. В некоторых случаях рассылаются отдельные порции ранее созданных эталонных материалов.

Важно, чтобы партия контрольных образцов, обеспечиваемая участникам в каждом цикле испытаний, была достаточно однородной для того, чтобы любые результаты, позже идентифицированные как экстремальные, не приписывались никакой существенной изменчивости испытываемого образца.

Программы типа межлабораторных испытаний обычно используются органами по аккредитации, регламентирующими органами и другими организациями, когда они применяют программы в области испытаний.

Одной общей программой межлабораторных испытаний является программа «расщепленного уровня», когда подобные (но не идентичные) уровни измеряемой величины включаются в два отдельных контрольных образца. Эта программа используется для оценки лабораторной прецизионности на конкретном уровне измеряемой величины. Это позволяет избежать проблем, связанных с повторными измерениями на том же самом контрольном образце или с включением двух идентичных контрольных образцов в один и тот же цикл проверки на качество проведения испытаний.

Программы испытаний распределенной пробы. Одним специальным видом проверки на качество проведения испытаний, который часто используется заказчиками лабораторий, в том числе и некоторыми регламентирующими органами, является методика испытаний распределенной пробы. (Эту методику не следует путать с программами расщепленного уровня, которые рассматриваются в 4.3.). Обычно испытания распределенной пробы включают сличения данных, полученных малыми группами лабораторий (часто только двумя лабораториями), которые оцениваются как потенциальные поставщики услуг по испытаниям или продолжающие оказывать эти услуги.

Подобные взаимные сличения регулярно проводятся в коммерческих операциях, когда пробы, представляющие товары для продажи, распределяются между лабораторией, представляющей поставщика и лабораторией, представляющей покупателя. Дополнительная проба оставляется для проведения испытаний лабораторией третьей стороны, если требуется арбитражное разбирательство по любым существенным различиям результатов, полученных лабораторией поставщика и лабораторией покупателя.

В программы испытаний распределенной пробы включают пробы продукции или вещества, которые разделяются на две или более части, причем каждая участвующая лаборатория испытывает одну или более частей каждой пробы. Эти программы отличаются от типа проверки на качество проведения испытаний, описанного в 4.3, так как число участвующих лабораторий обычно очень ограничено (зачастую две). Программы данного типа применяются для выявления плохой прецизионности, которая позволяет описать постоянное смещение и проверить эффективность корректирующих воздействий. Такие программы часто требуют сохранения достаточного количества материала, чтобы разрешить любые возникшие разногласия между ограниченным числом лабораторий посредством дальнейшего анализа в дополнительных лабораториях.

Аналогичная процедура испытаний распределенной пробы используется также при контроле клинических лабораторий и лабораторий окружающей среды. Обычно в эти программы включаются результаты от нескольких распределенных проб в широком интервале концентрации, которые сравниваются между отдельной лабораторией и другой или несколькими другими лабораториями. В таких программах может считаться, что одна из лабораторий работает на более высоком метрологическом уровне (т.е., более низкий уровень неопределенности) благодаря использованию стандартной методологии и более усовершенствованного оборудования и т.п. Ее результаты считаются эталонными значениями в таких взаимных сличениях, и она может действовать как лаборатория-консультант или лаборатория-руководитель для других лабораторий, которые сличают с ней данные, полученные от распределенной пробы.

Программы испытаний качественных характеристик. Оценка лаборатории на качество проведения испытаний не всегда включает межлабораторные сличения. Например, некоторые программы разрабатываются для оценки возможностей лабораторий охарактеризовывать специальные объекты (напр., тип асбеста, идентичность особых патогенных организмов и т.п.). Такие программы могут включать специальное приготовление координатором программы контрольных образцов с добавкой компонента подвергаемого испытаниям. Как таковые, эти программы являются «качественными» по своей природе, и не требуют привлечения большого количества лабораторий или межлабораторных сличений для оценки способности лаборатории проводить испытания.

Программы с известным значением. Другие специальные типы программ проверки на качество проведения испытаний могут включать приготовление контрольных образцов с известными количествами испытываемой измеряемой величины. В таком случае, возможно, оценить способность отдельной лаборатории испытывать образец и обеспечивать числовые результаты для сличения с приписанным значением. Еще раз

отмечаем, что такие программы проверки на качество проведения испытаний не требуют привлечения большого количества лабораторий.

Программы части процесса. Специальные типы проверок на качество проведения испытаний включают оценку возможностей лабораторий выполнять некоторые части всего процесса испытаний или измерений. Например, некоторые существующие программы проверки на качество проведения испытаний оценивают возможности лабораторий преобразовывать заданный набор данных и представлять об этом отчет (а не проводить фактическое испытание или измерение) или отбирать и подготавливать пробы или образцы в соответствии с техническими требованиями.

Работы по планированию, организации и проведению проверок квалификации в соответствии с требованиями ISO/IEC 17043 выполняет провайдер проверки квалификации (proficiency testing provider). Проверки квалификации реализуются через программы проверки квалификации, которые могут разрабатываться как единоразовые программы, так и непрерывные программы, состоящие из нескольких туров проверки квалификации.

Стадия разработки любой программы проверки на качество проведения испытаний требует привлечения технических экспертов, статистиков и координатора программы, чтобы обеспечить успех и работу без сбоев. Координатору, консультируясь с выше перечисленными специалистами, следует разработать программу, соответствующую конкретной проверке на качество проведения испытаний.

Программу проверки на качество проведения испытаний следует разработать таким образом, чтобы избежать любой путаницы относительно ее целей. Следует согласовать и документировать проект программы до начала ее выполнения.

Сотрудники, занятые в данной программе должны обладать соответствующей квалификацией и опытом работы в области разработки

и реализации программ межлабораторных сличений и представления отчетов о них, или они должны тесно сотрудничать с теми, кто имеет такую квалификацию. Сюда следует отнести соответствующие технические, административные навыки и квалификацию в области статистики.

Работа по проведению конкретных межлабораторных сличений потребует также руководства сотрудниками, обладающими детальным знанием технических вопросов, касающихся используемых методов и методик и имеющими опыт работы с ними. Для этой цели координатору может понадобиться привлечь одного или нескольких подходящих сотрудников, например, из профессиональных органов, лаборатории-подрядчика (если такая есть), участников программы или из числа конечных пользователей данными, и они будут действовать как консультативная группа.

Функции этой консультативной группы могут включать:

- разработку и анализ методик для планирования, выполнения, анализа программы проверки на качество проведения испытаний, представления по ней отчетов и улучшения ее эффективности;
- идентификацию и оценку межлабораторных сличений, организуемых другими органами;
- оценку результатов проверки на качество проведения испытаний в отношении способности участвующих лабораторий проводить испытания;
- выдача рекомендаций любому органу, который оценивает техническую компетентность участвующих лабораторий, как в отношении результатов, полученных во время выполнения программы проверки на качество проведения испытаний, так и в отношении того, каким образом эти результаты следует использовать совместно с другими аспектами оценок лабораторий;
- выдача рекомендаций участникам, у которых возникли очевидные проблемы;

- разрешение любых спорных вопросов между координатором и участниками.

Кроме того, для проведения проверки квалификации провайдер должен обеспечить наличие необходимых условий для проведения программы проверки квалификации. Данное требование включает наличие производственных помещений и оборудования для изготовления, перемещения, калибровки, испытаний, обращения и рассылки образцов для проверки квалификации, для обработки данных, передачи информации, а также получения материалов и документов. Также провайдер проверки квалификации должен гарантировать, что условия окружающей среды не оказывают негативного влияния на программу проверки квалификации или требуемое качество работ и обеспечить соответствующее подтверждение пригодности и поддержание рабочих характеристик лабораторных методов и оборудования, используемых для подтверждения состава, однородность и стабильность образцов для проведения квалификации.

Следует разработать методы статистических расчетов, отвечающие целям программы и основанные на виде данных (качественные или количественные, включая порядковые и категориальные данные), статистических допущениях, природе ошибок и на ожидаемом количестве результатов. При разработке методов статистического расчета и анализа данных провайдер проверки квалификации должен тщательно рассмотреть следующие вопросы:

- правильность и прецизионность;
- наименьшие различия между лабораториями;
- число лабораторий;
- количество контрольных образцов;
- методики выявления выбросов и т.д.

Участники проверки квалификации используют по своему выбору метод испытаний, процедуру измерений или калибровки, не противоречащие их повседневным процедурам. Провайдер проверки квалификации может

дать указания участникам использовать определенный метод в соответствии с видом программы проверки квалификации.

Идентификация участников программы проверки квалификации должна быть конфиденциальной и известной только лицам, привлекаемым к процессу проведения программы проверки квалификации, если только участники не отказываются от конфиденциальности. Если заинтересованная сторона требует предоставления результатов проверки квалификации непосредственно от провайдера проверки квалификации, то участники должны быть осведомлены о такой договоренности перед участием в программе проверки квалификации. Среди некоторых участников может быть тенденция создавать ложное оптимистическое впечатление о своей технической компетентности (сговор между лабораториями), а именно:

- выполнение одиночных анализов, а представление «средних»;
- дополнительные измерения и т.д.

Ответственность за данные нарушения лежит на участниках.

Оценка способности проводить испытания производится при помощи консенсуса экспертов, соответствия назначению и статистического расчета. Консенсус экспертов достигается если консультативная группа или другие квалифицированные эксперты непосредственно определяют, подходят ли представленные результаты для данной цели. Это типовой способ оценить результаты качественных испытаний. Соответствие назначению учитывает, например, технические требования к технической компетентности проводить испытания, которые заложены в методе, и признанный уровень работы участников. Наиболее часто используемой статистикой функционирования является количественный показатель z . Именно этот показатель рекомендует использовать IUPAC при анализе данных проверок квалификаций химических лабораторий, поскольку основная идея z -показателя состоит в том, чтобы сделать все показатели проверки квалификации сравнимыми, так чтобы смысл показателя был сразу же очевиден для любого провайдера, участника, или конечного пользователя, связанного с проверкой

квалификации вне зависимости от особенностей аналита или физического принципа, лежащего в основе аналитического измерения. Статистический расчет количественных показателей производится, когда критерии должны быть пригодными для каждого количественного показателя:

1) для количественных показателей Z :

$$Z = \frac{x-X}{s} \quad ()$$

$|Z| \leq 2$ – удовлетворительный;

$2 < |Z| < 3$ – сомнительный;

$|Z| \geq 3$ – неудовлетворительный.

2) для критерия E_n :

$$E_n = \frac{x-X}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}} \quad ()$$

$E_n \leq 1$ – удовлетворительное;

$E_n > 1$ – неудовлетворительное.

3) для количественных показателей Z' :

$$Z' = (x - X) \sqrt{\hat{\sigma}^2 + u_x^2}, \quad (21)$$

Количественные показатели Z' должны интерпретироваться таким же способом, как и количественные показатели Z , с использованием тех же критических значений 2,0 и 3,0.

Сравнение выражений для количественных показателей Z' и Z показывает, что количественные показатели Z' в туре программы проверки квалификации будут всегда меньше соответствующих количественных показателей Z на постоянный коэффициент, равный $\sigma / \sqrt{\hat{\sigma}^2 + u_x^2}$.

4) для количественного показателя дзета (ξ):

$$\xi = \frac{x-X}{\sqrt{u_x^2 + u_X^2}} \quad ()$$

где u_x - собственная лабораторная оценка стандартной неопределенности результата x ;

u_X - стандартная неопределенность приписанного значения X .

должны интерпретироваться так же, как и количественные показатели Z с применением критических значений 2,0 и 3,0.

5) для количественного показателя E_Z . Количественный показатель E_Z может быть определен следующим образом:

$$E_{Z-} = \frac{x-(X-U_x)}{U_x} \text{ и } E_{Z+} = \frac{x-(X+U_x)}{U_x}$$

где X – приписанное или эталонное значение;

U_x – расширенная неопределенность X ;

x – значение, представленное лабораторией;

Если оба показателя E_{Z-} и E_{Z+} находятся в пределах диапазона от минус 1,0 до 1,0, то функционирование лаборатории считается удовлетворительным;

если один из показателей E_{Z-} и E_{Z+} находится за пределами диапазона от минус 1,0 до 1,0, то функционирование лаборатории считается сомнительным;

если оба показателя E_{Z-} и E_{Z+} меньше минус 1,0 или больше 1,0, то функционирование лаборатории считается неудовлетворительным.

Литература

1. DaimlerChrysler, Ford, General Motors (2002), Measurement Systems Analysis 3rd Edition, available from Carwin Ltd., UK Режим доступа: www.carwin.co.uk/qs.
2. Алешин Н.П., Щербинский В.Г. Радиационная, ультразвуковая и магнитная дефектоскопия металлоизделий. М.: Высшая школа, 1991. - 271 с.
3. Арсенов А.В., Тутов Е.А., Лукин А.Н. Основы электрорадиоизмерений. Пособие по специальности 014100 «Микроэлектроника и полупроводниковые приборы». – Воронеж: Воронежский государственный университет. 2003. – 69 с.
4. Дереповская Н.С. Управление качеством продукции: Практикум /Н.С. Дереповская, Л.В. Заруева, А.В. Касьянова. - Ч. 1. - Новосибирск: НГАСУ, 2002. - 48 с.
5. Ермолов И.Н., Алешин Н.П., Потапов А.И. Акустические методы контроля. М.: Высшая школа, 1991. - 283 с.
6. Захаров И.П., Кукуш В.Д. Теория неопределенности в измерениях. Учебное пособие. – Харьков: Консум. 2002. -256 с.
7. Ковалев П.В., Мансветов А.Б., Свежинская И.М. Пособие по производственному контролю качества при строительстве автомобильных дорог. М.: НИЦ «Инженер», 1998. Источник: http://www.znaytovar.ru/gost/2/PosobiePosobie_po_proizvodstve.htmlhttp://www.znaytovar.ru/gost/2/PosobiePosobie_po_proizvodstve.html
8. Клюев В. В. Неразрушающий контроль. Том 3. Ультразвуковой контроль. - М.: Машиностроение, 2004. - 864 с.
9. Клюев В.В. Неразрушающий контроль. М.: Машиностроение, 2005. Справочник в 7 томах под редакцией чл. -корр РАН В. В. Клюева. / Балицкий Ф. А., Барков А. В., Баркова Н. А., Васильева Р. В., Гольдин А. С., Зусман А. В., Соколова А. Г., Ширман А. Р., Якубович В. А.
10. Колючкин В. Я., Мосягин Г. М. Тепловизионные приборы и системы. Учебное пособие. М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2000. с.
11. Кострикин А.М. Теоретическая метрология: Учеб. пособие для студентов специальности Т.13.01 "Метрология, стандартизация и сертификация". Ч.1. – Мн.: БГУИР, 1999. – 87 с.
12. Ламоткин С.А. Основы стандартизации и сертификации: учеб.пособие / С.А.Ламоткин, Г.М. Власова. – Минск: БГЭУ, 2007. – 283 с.
13. Ларин В.П. Технологическое проектирование технического контроля в приборостроении. Технологический контроль в механообрабатывающем и заготовительном производствах: Учебное пособие. – СПбГУАП. СПб. 2003.- 48 с.
14. Машиностроение. Энциклопедия/ ред.совет. К.В.Фролов (пред.) и др. / Измерения, контроль, испытания и диагностика. Т. III-7 /В.В.Клюев, Ф.Р.Соснин, В.Н.Филинов и др.; под общ.ред. В.В.Клюева – Москва: Машиностроение. 1996. – 464 с.

15. Метод контроля течей сканированием Режим доступа: http://www.anklav.com/index.php?option=com_content&view=article&id=311&Itemid=183.
16. Москатов Е. А. Электронная техника. – Таганрог, 2004. – 121 с.
17. Неразрушающий контроль: Справочник: В 7 т. Под общ. ред. В.В. Ключева. Т. 3: Ультразвуковой контроль / И.Н. Ермолов, Ю.В. Ланге. - М.: Машиностроение, 2004. - 864 с.
18. Никитин В.А., Бойко С.В. Методы и средства измерений, испытаний и контроля: Учебное пособие - 2-е изд. перераб. и доп.- Оренбург ГОУ ОГУ, 2004. - 462 с.
19. Оптнер, С.Л. Системный анализ: этап развития методологии решения проблем в США / С.Л. Оптнер; пер. с англ. С.П. Никанорова. – М. : Прогресс, 1969. – 254 с.
20. Отчеты консультативных комитетов Международного комитета мер и весов. Документы 23-й Генеральной конференции мер и весов. – Минск, Белорусский государственный институт метрологии, 2003. – с. 93.
21. Ребрин Ю.И. Управление качеством Учебное пособие. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2004.
22. Романов В.Н, Комаров В.В. Теория измерений. Анализ и обработка экспериментальных данных: Учебное пособие. – СПб.: СЗТУ, 2002. – 127 с.
23. Руководство ЕВРАХИМ/СИТАК Количественное описание неопределенности в аналитических измерениях - 2-е издание, 2000, перевод с английского Р.Л. Кадиса, Г.Р. Нежиховского, В.Б. Симина под общей редакцией Л.А. Конопелько, Санкт-Петербург: ВНИИМ им. Д.И. Менделеева, 2002.
24. Савчук В.П. Обработка результатов измерений. Физическая лаборатория. Ч1. Учеб. пособие для студентов вузов. — Одесса: ОНПУ, 2002. — 54 с.
25. Сергеев А.Г. Метрология: Учебник. – М.: Логос. 2005. -272 с.
26. Сергеев А.Г., Крохин В.В. Метрология: Учеб. пособие для вузов. -М.: Логос, 2001. - 408 с.
27. Серенков П.С. Развитие доказательной базы метрологии на основе принципов системного подхода / П.С. Серенков // Метрология и приборостроение. – Минск. 2009.№1.-С. 8-11.
28. Серенков П.С. Методы менеджмента качества. Методология организационного проектирования инженерной составляющей системы менеджмента качества: монография / П.С.Серенков. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2011. – 491 с.
29. Серенков П.С. Научно-методические аспекты современной метрологии / П.С.Серенков, Н.А.Жагора, Е.Н.Савкова // Метрология и приборостроение. – Минск, 2010.- №2.- С. 13-21.
30. Серенков П.С., Савкова Е.Н. Концепция измерения, основанная на процессном подходе/ П. С. Серенков, Е.Н. Савкова // «Стандартизация, метрология и сертификация: интеграция в международное пространство»:

Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию Независимости Республики Казахстан./ Астана, ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, 2011, - с.31-34.

31. Серенков П.С., Савкова Е.Н. Систематизация факторов, влияющих на ширину интервала охвата результата измерения. Материалы 4-й Международной научно-технической конференции «Приборостроение–2011», Минск, БНТУ, 2011. С.227-229.

32. Серенков П.С., Савкова Е.Н. Системный подход к моделированию измерительного канала как механизм обеспечения доверия к результатам измерений. Приборы и методы измерений. Научно-технический журнал. – Минск, БНТУ. 2012. №1. - С. 127-133.

33. Серенков П.С., Савкова Е.Н. Системный подход к моделированию измерительного канала как механизм обеспечения доверия к результатам измерений. Приборы и методы измерений. Научно-технический журнал. – Минск, БНТУ. 2012. №1. - С. 127-133.

34. Славутский Л.А. Основы регистрации данных и планирования эксперимента. Учебное пособие: Изд-во ЧГУ, Чебоксары, 2006. - 200 с.

35. Строителей В.Н. Методы и средства измерений, испытаний и контроля. – М.: «Европейский центр по качеству». 2002. – 152 с.

36. Сударикова Е. В. Неразрушающий контроль в производстве: учеб.пособие. Ч. 2.; ГУАП. — СПб., 2007. — 112 с.: ил.

37. Схемы и параметры тепловизоров с оптико-механическим сканированием – Тепловизоры. Режим доступа: <http://leg.co.ua/arhiv/raznoe-arhiv/teplovizory-5.html>.

38. Теория САУ (Систем Автоматического Управления) Режим доступа: <http://galaxy797.net/htech/c/c.htm>.

39. Термография. Функциональная схема тепловизионной диагностики. Режим доступа: http://teplovizor-tr.ru/funkcionalnaya_shema_teplovizionnoi_diagnostiki.html.

40. Технический контроль качества Режим доступа: http://www.0ck.ru/ekonomika_i_ekonomicheskaya_teoriya/texnicheskij_kontrol_k_achestva.html.

41. Течеискание Вакуумный контроль http://www.welding.su/library/kontrol/kontrol_118.html

42. Третьяк Л.Н. Обработка результатов наблюдений: Учебное пособие. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. – 171 с.

43. Хамханова Д.Н. Общая теория измерения: Учебное пособие. – Улан-Удэ: Изд-во: ВСГТУ. 2006. -168 с.

44. Электрические методы и средства контроля http://www.welding.su/library/kontrol/kontrol_114.html.

Нормативные акты и нормативные документы

1. Закон Республики Беларусь «О внесении изменений и дополнений в Закон Республики Беларусь «Об обеспечении единства измерений» от 20 июля 2006 г. № 163-З
2. Закон Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации» от 5 января 2004 г. № 262-З
3. Закон Республики Беларусь «Об оценке соответствия требованиям технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации» 5 января 2004 г. № 269-З
4. ТКП 5.1.01-2012 Национальная система подтверждения соответствия. Республики Беларусь. Основные положения
5. ТКП 5.1.02-2012 Национальная система подтверждения соответствия Республики Беларусь. Сертификация продукции. Основные положения
6. ТКП 5.1.03-2012 Национальная система подтверждения соответствия Республики Беларусь. Декларирование соответствия продукции. Основные положения
7. ТКП 5.1.04-2012 Национальная система подтверждения соответствия Республики Беларусь. Сертификация выполнения работ, оказания услуг. Основные положения
8. ТКП 5.1.05-2012 Национальная система подтверждения соответствия Республики Беларусь. Сертификация систем управления. Основные положения
9. ТКП 5.1.06-2012 Национальная система подтверждения соответствия Республики Беларусь. Сертификация профессиональной компетентности персонала
10. Принципы обеспечения метрологического контроля. Международный документ МОЗМ Д 16. Издание 1986 года. Перевод осуществлен ВНИИМС. 2005. – 27 с.
11. Международный словарь по метрологии: основные и общие понятия и соответствующие термины: пер. с англ. и фр. / Всерос. науч.-исслед. ин-т метрологии им. Д. И. Менделеева, Белорус. гос. ин-т метрологии. Изд. 2-е, испр. — СПб.: НПО «Профессионал», 2010. — 82 с.
12. ISO Guide 31:2000 Стандартные образцы. Содержание сертификатов и этикеток
13. ISO Guide 35:2006 Сертификация стандартных образцов. Общие и статистические принципы
14. ISO/IEC Guide 77-1:2008 Руководство по описанию свойств и классов продукции. Часть 1. Основные преимущества
15. ISO/IEC Guide 77-2:2008 Руководство по разработке спецификаций на характеристики и классы продукции. Часть 2. Технические принципы и рекомендации"
16. ISO/IEC Guide 77-3:2008 Руководство по описанию свойств и классов продукции. Часть 3. Приобретенный опыт

17. ISO/IEC Guide 98-3:2008, Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement.
18. СТБ ИСО 5725-1-2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 1. Общие принципы и определения».
19. СТБ ИСО 5725-2-2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 2. Основной метод определения повторяемости и воспроизводимости стандартного метода измерений».
20. СТБ ИСО 5725-3-2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 3. Промежуточные показатели прецизионности стандартного метода измерений».
21. СТБ ИСО 5725-4-2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 4. Основные методы определения правильности стандартного метода измерений».
22. СТБ ИСО 5725-5-2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 5. Альтернативные методы определения прецизионности стандартного метода измерений».
23. СТБ ИСО 5725-6-2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 6. Использование значений точности на практике».
24. СТБ ИСО 9000-2006. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь
25. ISO 13584-1:2001 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Библиотека данных на детали. Часть 1. Обзор и основные принципы
26. ISO 13584-20:1998 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Библиотека данных на детали. Часть 20. Логический ресурс. Логическая модель выражений
27. ISO 13584-42:1998 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Библиотека данных на детали. Часть 42. Методология описания: методология структурирования групп деталей
28. СТБ ИСО/МЭК 17025-2007 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий.
29. СТБ ISO 21748-2012 Статистические методы. Руководство по использованию оценок повторяемости, воспроизводимости и правильности при оценке неопределенности измерений.
30. IEC 60300-2:2004 Dependability management - Part 2: Guidelines for dependability management.
31. IEC 61360-2:2012 Стандартные типы элементов данных с соответствующей схемой классификации для электрических компонентов. Часть 2. Схема словаря EXPRESS

32. IEC 61360:1995 Типы стандартных элементов данных увязанные с классификационной схемой для электрических компонентов. Часть 3. Процедуры установления и сопровождения
33. ILAC-G5:1994, Guidelines for calibration and maintenance of test and measuring equipment
34. Руководство ЕВРАХИМ/СИТАК Количественное описание неопределенности в аналитических измерениях - 2-е издание, 2000, перевод с английского Р.Л. Кадиса, Г.Р. Нежиховского, В.Б. Сими́на под общей редакцией Л.А. Конопелько, Санкт-Петербург: ВНИИМ им. Д.И. Менделеева, 2002.
35. Европейская федерация национальных ассоциаций измерительных, испытательных и аналитических лабораторий EUROLAB. Технический отчет №1/2007. Пересмотр неопределенности измерения: Альтернативные подходы к оценке неопределенности.
36. СТБ EN 473:2000 Контроль неразрушающий. Квалификация и сертификация персонала в области неразрушающего контроля. Общие требования
37. EN 61360-1:2010 Стандартные типы элементов данных с соответствующей схемой классификации для электрических компонентов. Часть 1. Определения. Принципы и методы
38. ГОСТ 2.101-68 Единая система конструкторской документации. Виды изделий
39. ГОСТ 2.104-2006 Единая система конструкторской документации. Основные надписи
40. ГОСТ 2.106-96 Единая система конструкторской документации. Текстовые документы
41. ГОСТ 2.301-68 Единая система конструкторской документации. Форматы
42. ГОСТ 2.601-2006 Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы
43. ГОСТ 2.602-95 Единая система конструкторской документации. Ремонтные документы
44. ГОСТ 2.610-2006 Единая система конструкторской документации. Правила выполнения эксплуатационных документов
45. ГОСТ 8.009-84 Государственная система обеспечения единства измерений. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений
46. ГОСТ 8.010-99 Государственная система обеспечения единства измерений. Методики выполнения измерений. Основные положения
47. ГОСТ 12.1.012-1990 Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования
48. ГОСТ 12.1.041-83 Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывобезопасность горючих пылей. Общие требования
49. ГОСТ 14.004-83 Технологическая подготовка производства. Термины и определения основных понятий

50. ГОСТ 27.202-83 Надежность в технике. Технологические системы. Методы оценки надежности по параметрам качества изготавливаемой продукции
51. ГОСТ 27.002-89 Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения
52. ГОСТ ЕН 1070-2003 Безопасность оборудования термины и определения
53. ГОСТ 10510-80 Металлы. Метод испытания на выдавливание листов и лент по Эриксену
54. ГОСТ 15467-79 Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения
55. ГОСТ 15895-77 Статистические методы управления качеством продукции. Термины и определения
56. ГОСТ 16504-81 Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения
57. ГОСТ 17527-2003 Упаковка. Термины и определения
58. ГОСТ 18321-73 Статистический контроль качества. Методы случайного отбора выборок штучной продукции
59. ГОСТ 18353-79 «Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов
60. ГОСТ 18610-82 Древесина. Метод полигонных испытаний стойкости к загниванию
61. ГОСТ 19919-74 Контроль автоматизированный технического состояния изделий авиационной техники. Термины и определения
62. ГОСТ 20911-89 Техническая диагностика. Термины и определения
63. ГОСТ 24297-87: Входной контроль продукции. Основные положения
64. ГОСТ 24555-81 Система государственных испытаний продукции. Порядок аттестации испытательного оборудования. Основные положения
65. ГОСТ 25051.2-82 Система государственных испытаний продукции. Камеры тепла и холода испытательные. Методы аттестации
66. ГОСТ 25706-83 Лупы. Типы, основные параметры. Общие технические требования
67. ГОСТ 25804.7-83 Аппаратура, приборы, устройства и оборудование систем управления технологическими процессами атомных электростанций
68. ГОСТ 26182-84 «Контроль неразрушающий. Люминесцентный метод течеискания»
69. ГОСТ 26656-85 Техническая диагностика. Контролепригодность. Общие требования
70. ГОСТ 28517-90 Контроль неразрушающий. Масс-спектрометрический метод течеискания. Общие требования

71. ГОСТ 30630.0.0-1999 Методы испытаний на стойкость к внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Общие требования
72. ГОСТ Р 8.568-97 Государственная система обеспечения единства измерений. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения
73. ГОСТ Р 50779.11-2000 Статистические методы. Статистическое управление качеством. Термины и определения
74. ГОСТ Р 50779.42-99 (ИСО 8258-91) Статистические методы. Контрольные карты Шухарта
75. ГОСТ Р 51699-2000 Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электромагнитным помехам технических средств охранной сигнализации. Требования и методы испытаний
76. ГОСТ Р 52161.1-2004 Безопасность бытовых и аналогичных электрических приборов. Часть 1. Общие требования
77. ГОСТ Р 51287-99 Техника телефонная абонентская. Требования безопасности и методы испытаний
78. ГОСТ Р 52560-2006 Методы испытаний на стойкость к климатическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на воздействие пыли (песка)
79. ГОСТ Р 52931-2008 Приборы контроля и регулирования технологических процессов. Общие технические условия
80. ГОСТ Р 53618-2009 Требования к характеристикам камер для испытаний технических изделий на стойкость к внешним воздействующим факторам. Методы аттестации камер (без загрузки) для испытаний на стойкость к воздействию температуры
81. ГОСТ Р 54082-2010 (МЭК 60068-3-11:2007) Требования к характеристикам камер для испытаний технических изделий на стойкость к внешним воздействующим факторам. Методы обработки результатов аттестации камер
82. ГОСТ Р 54437-2011 Требования к характеристикам камер для испытаний технических изделий на стойкость к внешним воздействующим факторам. Методы аттестации камер (без загрузки) для испытаний на стойкость к воздействию давлением воздуха
83. СТБ 17.0.1.01-2001 Охрана природы. Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта. Термины и определения
84. СТБ 35.1-94 Государственная система каталогизации продукции РБ. Основные положения.
85. СТБ 1218-2000 Разработка и постановка продукции на производство. Термины и определения
86. СТБ 2197-2011 Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Словарь терминов. Часть 1. Стадии жизненного цикла продукции
87. НПБ 197-2001. Автоподъемники пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний

88. РД РБ 0410.35.1-94 Государственная система каталогизации продукции. Правила заполнения, учет, хранение каталожных листов продукции и изменений к ним.

89. РМГ 29-99 Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения.

90. МИ 1317-2004 Рекомендация. Государственная система обеспечения единства измерений. Результаты и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров

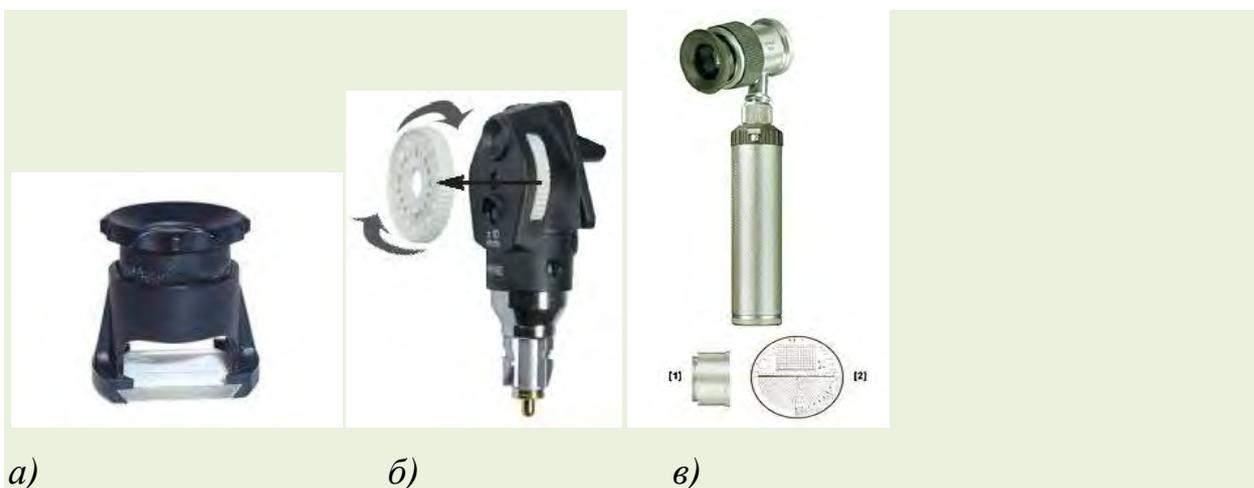
91. Р 50.2.038-2004 Измерения прямые однократные. Оценивание погрешностей и неопределенности результата измерений

92. Р 50-601-40-93 Рекомендации. Входной контроль. Основные положения.

93. ОКРБ 007-2007 Общегосударственный классификатор. Промышленная и сельскохозяйственная продукция

Приложение А.

Приборы для визуального и оптического контроля объектов



а)

б)

в)

Рис. А.1. Приборы для визуально-оптического контроля
близкорасположенных объектов:

а – лупа ЛИЗ-10^х измерительная; *б* – щелевая лупа HS1; *в* – смотровое
измерительное устройство с освещением 10^х



а)

б)

в)

Рис. А.2. Приборы для визуально-оптического контроля удаленных объектов:

а – монокуляр; *б* – бинокляр; *в* – зрительная труба



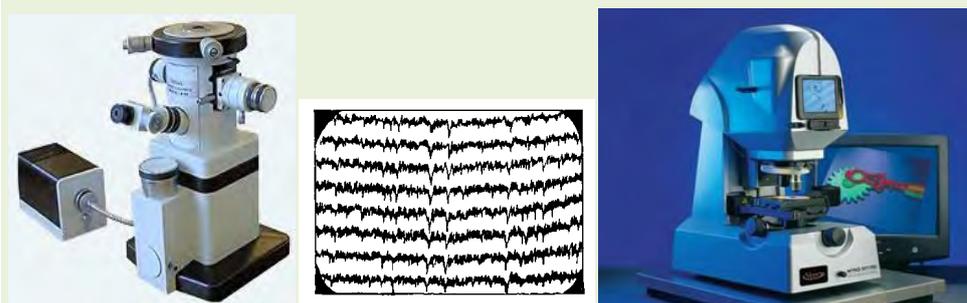
a) *б)* *в)*

Рис. А.3. Приборы для визуально-оптического контроля скрытых объектов:
a – жесткий эндоскоп; *б* – гибкий бороскоп; *в* – видеоэндоскоп



a) *б)* *в)*

Рис. А.4. Приборы для оптического контроля удаленных объектов:
a – лазерный сканер; *б* – электронный теодолит; *в* – лазерный дальномер



a) *б)* *в)*

Рис. А.5. Приборы для оптического контроля микрогеометрии
 близкорасположенных объектов:
a – микроинтерферометр МИИ-4; *б* – интерференционные полосы; *в* –
 оптический профилометр NT1100



а) б) в)

Рис. А.6. Средства оптического контроля фотометрических характеристик объектов:

а – фотометрический шар; б – фотометр ФПА-2; в – яркомер



а) б) в)

Рис. А.7. Средства оптического контроля колориметрических характеристик объектов:

а – спектрофотометр Solar PB2201; б – фотоэлектрический колориметр ColorVision Spyder3; в – 3D сканирующий конфокальный микроскоп со спектрометром (модель Nanofinder S)



а) б) в)

Рис. А.8. Средства теплового контроля объектов (пирометры):

а – пирометр (диапазон измерений от -18 до 280 °С); б – пирометр (диапазон измерений от -32 до 460 °С); в – пирометр с границей диапазона измерений до 3000 °С



а)

б)

в)

Рис. А.9. Тепловизоры:

а – портативная ИК-камера для контроля трубопроводов и дефектов изоляции; *б* – камера ThermoCAM GasFindIR для обнаружения утечек газа на нефтепроводах; *в* – камера для научно исследовательских задач и контроля технических процессов

Приложение Б

Средства магнитного и электромагнитного контроля объектов



a)



б)

Рис. Б.1. Средства магнитного контроля:

a – автоматизированный магнитопорошковый комплекс; *б* – магнитопорошковый дефектоскоп МАГНИСКОП-2600 АС



a)



б)



в)

Рис. Б.2. Средства электромагнитного контроля:

a – портативный тестер для дефектоскопии и быстрого обследования самолетов; *б* – система вихретокового контроля MIZ 80iD для контроля паровых генераторов и конденсатных штуцеров на атомных электростанциях; *в* – вихретоковый многоканальный дефектоскоп ВД-132-

ОКО-01

Приложение В

Ультразвуковой дефектоскоп УД2-70. Внешний вид. Технические характеристики



Рис. В.1. Ультразвуковой дефектоскоп УД2-70

Таблица В.1 – Технические характеристики ультразвукового дефектоскопа УД2-70

Диапазон толщин контролируемого материала (по стали), мм	от 2 до 5000
Рабочие частоты, МГц	0,4; 1,25; 1,8; 2,5; 5,0; 10,0
Частота зондирующих импульсов, Гц	30; 60; 120; 250; 500; 1000
Полярность зондирующего импульса	отрицательная
Амплитуда зондирующего импульса на нагрузке 50 Ом, В	не менее 180
Длительность зондирующего импульса, нс	не более 80
Диапазон регулировки усиления, дБ	0...100
Шаг регулировки усиления, дБ	0,5 или 1,0
Дискретность изменения усиления скачком «+дБ», дБ	3...30
Диапазон задержки развертки, мм	-2...5000
Диапазон измерения глубины залегания дефектов (по стали), мм	2...5000
Дискретность измерения глубины, мм	0,1
Погрешность измерения глубины, мм	$\pm(0,5 + 0,02 H)$
Диапазон установки угла ввода ПЭП	0...90°
Дискретность установки	1°
Количество стробов АСД	2
Диапазон установки скорости УЗК, м/с	1000...15000
Глубина регулировки ВРЧ, дБ	80

Продолжение таблицы В.1

Отсечка — линейная, % высоты экрана	0...100
Размер рабочей части экрана, точек	не менее 320×240
Диапазон рабочих температур, °С	–10...+50
Электрическое питание:	
аккумуляторное	12 В;
сеть переменного тока	220 В 50 Гц.
Время непрерывной работы, ч	не менее 8
Степень защиты корпуса	IP 63
Габариты, не более, мм	245×145×77
Масса с аккумулятором, кг	не более 3

Приложение Г

Средства рентгеновского контроля объектов



a)

б)

Рис. Г.1. Средства рентгеновского контроля:

a – рентгеновский генератор; *б* – рентгеновский кроулер для рентгеновской дефектоскопии трубопроводов



a)

б)

Рис. Г.2. Оборудование для рентгеновского контроля:

a – переносной рентген-телевизионный комплекс; *б* – проявочная машина

Приложение Д

Средства измерений и оборудование, применяемые при испытаниях



Рис. Д.1. Портативный виброметр



Рис. Д.2. Универсальная испытательная машина для испытаний на ударную прочность

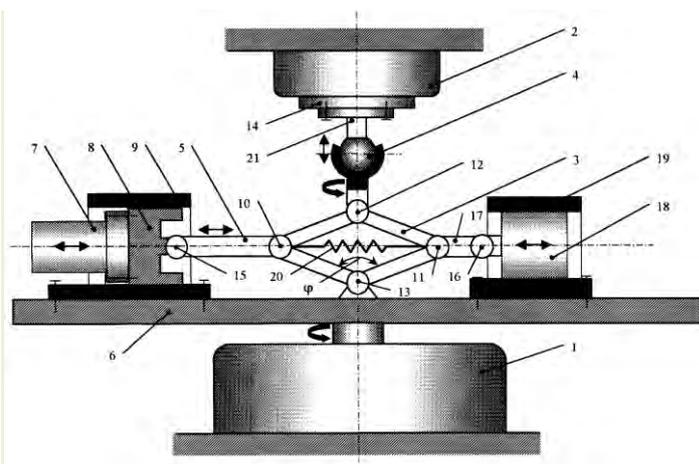


Рис. Д.3. Установка для испытаний на воздействие линейных (центробежных) нагрузок:

1 – центрифуга; 2 – вибратор; 3 – ромбовидный механизм; 4 – шаровая опора; 5, 17, 21 – тяги; 6 – платформа; 7 – изделие; 8 – вибростол; 9 – гильзы; 10, 11, 12, 13, 15, 16 – шарниры; 14 – стол вибратора; 8 – противовес; 19, 20 – упругая связь



Рис. Д.4. Системы управления климатическими камерами типа «тепло-холод-влажа»

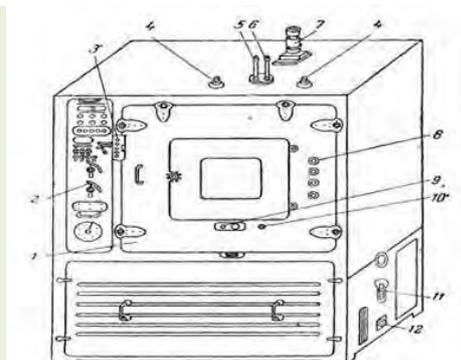


Рис. Д.5. Общий вид камеры грибообразования:

1 – испытательная камера; 2 – панель блока сигнализации и управления; 3 – гнезда для замера параметров испытываемых изделий; 4 – температурные фильтры; 5 – «сухой» контактный термометр; 6 – «влажный» контактный термометр; 7 – осевой вентилятор; 8 – отверстия, закрытые гайками с резиновыми пробками для ввода высокочастотных кабелей; 9 – тумблер для включения обогревателя стекол; 10 – отверстие для обмена воздуха; 11 – контактный термометр регулятора влаги; 12 – штепсельный разъем

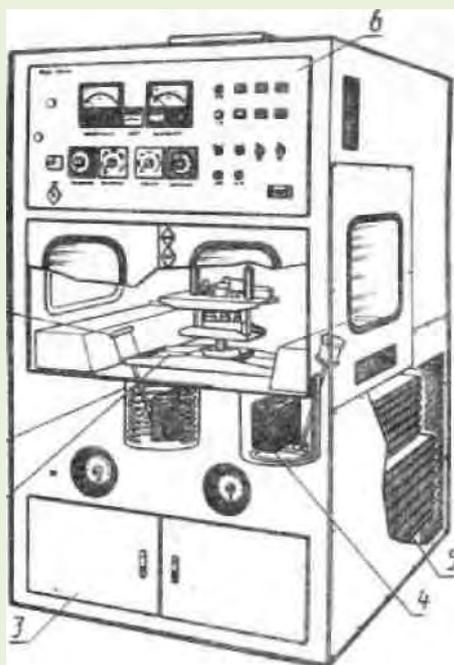


Рис. Д.6. Камера для испытания на тепловой удар:

1 – низкотемпературная зона; 2 – поворотная крышка; 3 – двери машинного отделения; 4 – высокотемпературная зона с тэнами; 5 – конденсатор холодильного агрегата; 6 – пульт управления; 7 – пропеллерная мешалка

II. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1. Идентификация объекта измерений и спецификация измеряемой величины. Формулирование измерительной задачи

1.1 Общие положения

Согласно Закону РБ об обеспечении единства измерений **«измерение»** – совокупность операций выполняемых для определения значений величин.

Согласно РМГ 29-99 **«измерение физической величины»** – совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу величин, обеспечивающих нахождение (в явном или не явном виде) соотношение измеряемой величины с ее единицей и получение значений этой величины.

Согласно VIM 3 **«измерение»** – процесс экспериментального получения одного или более значений величины, которые могут быть обоснованно приписаны величине.

Примечания

1.Измерение не применяют в отношении качественных признаков (органолептический контроль).

2.Измерение подразумевает сравнение величин (относительные измерения: коэффициент яркости) или включает подсчет объектов (микробиология).

Для обоснованного планирования измерений и правильной интерпретации результатов и погрешностей измерений необходимо на начальном этапе решения задачи измерений (например, при разработке методики выполнения измерений) принять определенную физическую модель объекта измерений.

Согласно РМГ 29-99 **объект измерения** – тело (физическая система, процесс, явление и т.д.), которое характеризуется одной или несколькими измеряемыми физическими величинами.

Примеры: Коленчатый вал, у которого измеряют диаметр; технологический процесс, во время которого измеряют температуру;

спутник Земли, координаты которого измеряются. Это все объекты измерения

Объект измерения — вал. В соответствии с конечной задачей, решаемой путем измерений, и с априорной информацией о свойствах объекта в качестве физической модели вала принимается прямой круговой цилиндр. Параметр модели – измеряемая величина - диаметр цилиндра в любом его поперечном сечении; его значение выражается числом.

Физическая модель должна достаточно близко (для решения данной технической задачи) совпадать с реальным объектом измерения. В качестве измеряемой величины следует выбрать такой параметр модели, который наиболее близко соответствует данной цели измерения. Значение параметра модели, т. е. значение измеряемой величины, может выражаться числом, функцией или функционалом. Это учитывается при разработке методики выполнения измерений и при выборе средств измерений.

Непосредственной целью измерений является определение истинных значений постоянной или изменяющейся измеряемой величины. Результат измерений (однократных и многократных) является реализацией случайной величины, равной сумме истинного значения измеряемой величины и погрешности измерений.

Согласно РМГ 29–99 **«физическая величина»** (величина)– одно из свойств физического объекта (физической системы, явления или процесса), общее в качественном отношении для многих физических объектов, но в количественном отношении индивидуальное для каждого из них.

В «Международном словаре основных и общих терминов метрологии» (VIM 3) понятие **величина (измеримая)** раскрывается как **«характерный признак (атрибут) явления, тела или вещества,**

которое может выделяться качественно и определяться количественно».

Физические величины, являясь частью объективной реальности, существуют вне нашего желания и сознания, измерение же позволяет лишь с определенной степенью точности оценивать их значения. Таким образом, в результате измерения получают числовое значение измеряемой величины (точечную оценку), и параметр, количественно характеризующий точность получения данного значения – неопределенность (интервальную оценку).

Необходимость оценивания уровней интенсивности таких свойств привела к появлению в РМГ 29–99 ряда базовых терминов и определений:

- ***размер физической величины (размер величины)** – количественная определенность физической величины, присущая конкретному материальному объекту, системе, явлению или процессу;*
- ***значение физической величины** – выражение размера физической величины в виде некоторого числа принятых для нее единиц;*
- ***числовое значение физической величины** – отвлеченное число, входящее в значение величины;*
- ***истинное значение физической величины** – значение физической величины, которое идеальным образом характеризует в качественном и количественном отношении соответствующую физическую величину.*

Примечание – Истинное значение физической величины может быть соотнесено с понятием абсолютной истины. Оно может быть получено только в результате бесконечного процесса измерений с бесконечным совершенствованием методов и средств измерений.

В качестве измеряемых величин принимаются параметры физической модели объекта измерений. Для правильной интерпретации результатов и погрешности измерений указываются, для данной методики выполнения измерений, физическая модель объекта измерений и ее параметры, принятые в качестве измеряемых величин. Если измеряемая величина выражается функционалом, последний также указывается.

Измерения не являются самоцелью, а имеют определенную область использования, т.е. проводятся для достижения некоторого конечного результата. Конечный результат не обязательно представляет собой оценку истинного значения измеряемой величины. В зависимости от назначения измерений (для контроля параметров продукции, для испытаний образцов продукции с целью установления ее технического уровня, для учета материальных и энергетических ресурсов, для диагностики технического состояния машин и др.) конечный результат в том или ином виде отражает требуемую информацию о количественных свойствах явлений, процессов (в том числе, технологических), материальных объектов (материалов, полуфабрикатов, изделий и т. п.). В данном случае идет речь только о такой информации, которая может быть получена путем измерений. Вследствие этого результат измерений следует рассматривать как промежуточный результат, и номенклатуру характеристик погрешностей измерений следует выбирать, исходя из требуемого конечного результата (результат испытаний, контроля; результат оценки эффективности управления технологическим процессом и др.), методики его расчета, формы представления показателей точности, достоверности конечного результата.

Согласно 2-ой редакции VIM (Международный словарь по метрологии – Основные и общие понятия и соответствующие термины) и в IEC 60050-300:2001 *измеряемая величина – величина, предназначенная для измерения*. Измеряемая величина определена как ‘величина, являющаяся объектом измерения’.

Понятие «спецификация измеряемой величины» в данной работе используется в контексте «описание измеряемой величины». Определение (описание) измеряемой величины требует знание рода величины, описания состояния явления, тела или вещества, несущего в себе величину, включая любые значимые составляющие и включенные

химические элементы. Требуется не только ясно и однозначно сформулировать, что именно измеряется, но и представить количественное выражение, связывающее измеряемую величину с параметрами, от которых она зависит. Этими параметрами могут быть другие измеряемые величины, величины, которые напрямую не измеряются или константы. Вся эта информация должна содержаться в документе – методике выполнения измерений.

Род величины – общий аспект для взаимного сопоставления **величин**.

Примечание – Разделение понятия ‘величина’ в соответствии с ‘родом величины’ является в некоторой степени произвольным.

Пример: Величины диаметр, длина окружности и длина волны, как правило, рассматриваются как однородные величины, а именно, (относящиеся) к роду величины, называемому длиной.

Пример: Величины тепло, кинетическая энергия и потенциальная энергия, как правило, рассматриваются как однородные величины, а именно, (относящиеся) к роду величины, называемому энергия.

Примечание – Однородные величины в рамках данной **системы величин** имеют одинаковую **размерность величины**. Однако величины одинаковой размерности не обязательно будут однородными.

Пример: Величины момент силы и энергия, по договоренности, не рассматриваются как однородные, хотя они имеют одинаковую размерность. Аналогично для теплоемкости и энтропии, а также для относительной магнитной проницаемости и массовой доли.

Примечание – В английском языке термины для величин в левой части таблицы в (определении) 1.1, Примечании 1, часто используются для (обозначения) ‘рода величины’. Во французском языке термин «nature (род)» используют только в таких выражениях как «однородные величины».

Как правило, идентифицируемый объект, измеряемая величина, отражающая какое-либо свойство объекта, методы, средства (и их характеристиками) и условия измерения формулируются в измерительной

задаче. Согласно РМГ 29-99 **измерительная задача** – задача, заключающаяся в определении значения физической величины путем ее измерения с требуемой точностью в данных условиях измерений.

Измерительная задача должна быть сформулирована должным образом: необходимо указать, что является объектом измерения, какую величину измеряют на объекте, каким образом, с какой точностью и при каких условиях.

Рекомендуемая формула для формулирования измерительной задачи:

При прямых измерениях:

Измеряемая величина (название) в измерительном падеже (силу света, электрическое сопротивление), через запятую единицы измерения, если не совпадает, или а именно (диаметр детали), измеряют с помощью название СИ, далее метрологические характеристики СИ и в каких условиях (в нормальных условиях, в рабочих условиях);

При косвенных измерениях:

Измеряемую величину (название), единицы измерения – идентифицируем объект, пишем глагол «определяют путем измерения...», идентифицируем величины с помощью какого СИ путем измерения второй величины и т.д. и путем расчета по формуле...

Примеры формулирования измерительных задач

Длину, мм – высота металлической детали имеющей форму цилиндра, измеряют с помощью штангенциркуля ГОСТ 166-80 (пределы измерений, мм – 0-160; цена деления нониуса, мм – 0,05; основная погрешность, мм - $\pm 0,05$) в нормальных условиях.

Массу, г – масса металлической детали, имеющей форму цилиндра измеряют с помощью рычажных весов (допускаемое отклонение, г - ± 50) и гирь ГОСТ 7328-2001 (допускаемое отклонение,

г – при 10; 2; 0,500; 0,200; 0,020 соответственно 1,2; 0,8; 0,5; 0,4; 0,2) в нормальных условиях.

Объем, мм³ – объем металлической детали, имеющей форму цилиндра, определяют путем измерения длины цилиндра в любом продольном сечении, измеренное с помощью штангенциркуля ГОСТ 166-80 (пределы измерений, мм – 0-160; цена деления нониуса, мм – 0,05; основная погрешность, мм – ±0,05), и диаметра цилиндра в любом поперечном сечении, измеренное с помощью штангенциркуля ГОСТ 166-80 (пределы измерений, мм – 0-160; цена деления нониуса, мм – 0,05; основная погрешность, мм – ±0,05), в нормальных условиях и путем расчета по следующей формуле:

$$V = S \times l = \frac{\pi d^2}{4} l$$

Плотность, г/см³ – плотность металлической однородной детали, имеющей форму цилиндра, определяют путем измерения длины цилиндра в любом продольном сечении, измеренное с помощью штангенциркуля ГОСТ 166-80 (пределы измерений, мм – 0-160; цена деления нониуса, мм – 0,05; основная погрешность, мм – ±0,05), диаметра цилиндра в любом поперечном сечении, измеренное с помощью штангенциркуля ГОСТ 166-80 (пределы измерений, мм – 0-160; цена деления нониуса, мм – 0,05; основная погрешность, мм – ±0,05), и массу цилиндра, измеряют с помощью рычажных весов (допускаемое отклонение, г – ±50) и гирь ГОСТ 7328-2001 (допускаемое отклонение, г – при 10; 2; 0,500; 0,200; 0,020 соответственно 1,2; 0,8; 0,5; 0,4; 0,2), в нормальных условиях и путем расчета по следующей формуле: $\rho = \frac{m}{V}$

2 Моделирование результата измерения. Выявление и анализ

источников изменчивости выходной величины

2.1 Общие положения

Обычно результат измерения является только аппроксимацией или оценкой значения измеряемой величины и, таким образом, будет полным, только когда сопровождается установлением неопределенности этой оценки.

Измерение обладает рядом несовершенств, которые вызывают *погрешность* результата измерения. Традиционно погрешность рассматривают как состоящую из двух составляющих – *случайной* и *систематической*.

Случайная погрешность предположительно возникает из непредсказуемых или стохастических временных и пространственных изменений влияющих величин. Случайная погрешность результата измерения не может быть компенсирована поправкой, ее обычно можно уменьшить, увеличив число наблюдений; ее математическое ожидание или ожидаемое значение равняется нулю.

Систематическую погрешность, подобно случайной погрешности, нельзя устранить, но ее также часто можно уменьшить. Если систематическая погрешность возникает в результате известного эффекта влияющей величины на результат измерения, ниже называемого *систематическим эффектом*, то можно определить значение этого эффекта и, если оно значительно по размеру по сравнению требуемой точностью измерения, то можно внести поправку или поправочный коэффициент для компенсации этого эффекта. Предполагается, что после внесения поправки математическое ожидание или ожидаемое значение погрешности, возникающей от систематического эффекта, равно нулю.

РМГ 29-99 устанавливает следующие определения составляющих изменчивости (погрешностей) по источникам возникновения.

Инструментальная погрешность измерения – составляющая погрешности измерения, обусловленная погрешностью применяемого средства измерений.

Погрешность метода измерений – составляющая систематической погрешности измерений, обусловленная несовершенством принятого метода измерений.

Примечания

1 Вследствие упрощений, принятых в уравнениях для измерений, нередко возникают существенные погрешности, для компенсации действия

которых следует вводить поправки. Погрешность метода иногда называют *теоретической погрешностью*;

2 Иногда погрешность метода может проявляться как случайная.

Погрешность (измерения) из-за изменений условий измерения – составляющая систематической погрешности измерения, являющаяся следствием неучтенного влияния отклонения в одну сторону какого-либо из параметров, характеризующих условия измерений, от установленного значения.

Примечание – Этот термин применяют в случае неучтенного или недостаточно учтенного действия той или иной влияющей величины (температуры, атмосферного давления, влажности воздуха, напряженности магнитного поля, вибрации и др.); неправильной установки средств измерений, нарушения правил их взаимного расположения и др.

Субъективная погрешность измерения – составляющая систематической погрешности измерений, обусловленная индивидуальными особенностями оператора.

Примечания

1 Встречаются операторы, которые систематически опаздывают (или опережают) снимать отсчеты показаний средств измерений;

2 Иногда субъективную погрешность называют *личной погрешностью* или *личной разностью*.

Инструментальная погрешность измерения – составляющая погрешности измерения, обусловленная погрешностью применяемого средства измерений.

Одни и те же факторы могут быть источниками систематических и случайных эффектов и рассматриваться как влияющие величины.

Согласно РМГ 29-99 ***влияющая физическая величина*** – физическая величина, оказывающая влияние на размер измеряемой величины и (или) результат измерений.

Согласно VIM 3 ***влияющая величина*** – величина, которая при прямом

измерении не влияет на величину, которая является действительно измеряемой, но влияет на соотношение между показаниями и результатом измерения.

Пример: Частота при прямом измерении с помощью амперметра постоянной амплитуды переменного тока.

Пример: Концентрация количества вещества билирубина при прямом измерении концентрации количества вещества гемоглобина в плазме человеческой крови.

Пример: Температура микрометра, применяемого для измерения длины стержня, но не собственная температура стержня, которая может входить в определение измеряемой величины.

Пример: Фоновое давление в источнике ионов масс-спектрометра во время измерения частиц количества вещества

Примечание 1 Непрямое измерение включает комбинацию прямых измерений, каждое из которых может находиться под воздействием влияющих величин.

Примечание 2 В GUM понятие «влияющая величина» определено также как в VIM, и охватывает не только величины, связанные с влиянием измерительной системы, как в вышеприведенном определении, но также и те величины, которые влияют на величины, действительно измеренные. Также в GUM это понятие не ограничивается прямыми измерениями.

Согласно РМГ 29-99 ***поправка** – значение величины, вводимое в неисправленный результат измерения с целью исключения составляющих систематической погрешности. Знак поправки противоположен знаку погрешности.*

Согласно VIM 3 ***поправка** – компенсация оцененного систематического эффекта.*

Эта компенсация может иметь различные формы, такие как дополнительное слагаемое или коэффициент, либо она может находиться по таблице.

Согласно РМГ 29-99 **поправочный множитель** –числовой коэффициент, на который умножают неисправленный результат измерения с целью исключения составляющих систематической погрешности.

Случайные эффекты предположительно возникают из непредсказуемых или стохастических временных и пространственных изменений влияющих величин и вызывают изменения измеряемой величины при повторных наблюдениях в условиях повторяемости. Предполагается, что изменения в повторных наблюдениях возникают из-за влияющих величин, которые могут оказывать влияние на результат измерения и которые невозможно поддерживать полностью постоянными. Случайную составляющую нельзя

Важнейшим этапом в оценивании точности является моделирование результата измерения – описание его модели. В современной метрологии используются понятия модели и функции измерений.

VIM 3 **модель измерений** –математическая связь между всеми величинами, о которых известно, что они участвуют в измерении.

В общем виде модель измерений есть уравнение $h(Y, X_1, \dots, X_n) = 0$, где Y - выходная величина в модели измерений, является измеряемой величиной, значение которой должно быть получено исходя из информации о входных величинах в модели измерений X_1, \dots, X_n .

Примечание 1 Общей формой модели измерения является уравнение $h(Y, X_1, \dots, X_n) = 0$, где Y , выходная величина в модели измерения, является измеряемой величиной, о значении величины которой будет делаться заключение на основании информации о входных величинах в модели измерения X_1, \dots, X_n .

Примечание 2 В более сложных случаях, при двух и более выходных величинах в модели измерения, модель измерения состоит более чем из одного уравнения.

На основе модели измерений строят функцию измерений.

Функция измерений–функция величин, значение которой, вычисленное

с использованием известных значений входных величин в модели измерений, является измеренным значением выходной величины в этой модели измерений.

Примечание 1 Если модель измерения $h(Y, X_1, \dots, X_n) = 0$ может однозначно быть записана как $Y = f(X_1, \dots, X_n)$, где Y является выходной величиной в модели измерения, функция f будет функцией измерения. В более общем смысле, f может изображать символически алгоритм получения для значений входных величин x_1, \dots, x_n соответствующего однозначного значения выходной величины $y = f(x_1, \dots, x_n)$.

Примечание 2 Функция измерения также используется для вычисления неопределенности измерения, связанной с измеренным значением величины Y .

Математическая модель измерения, которая преобразует ряд повторных наблюдений в результат измерения, является крайне важной, так как кроме наблюдений, она обычно включает различные влияющие величины, которые точно неизвестны. Это отсутствие знания вносит вклад в неопределенность результата измерения наряду с изменениями повторных наблюдений и любой неопределенностью, связанной с самой математической моделью.

Поскольку математическая модель может быть неполной, все упомянутые величины следует изменять до самой полной практической степени, чтобы оценивание неопределенности, насколько это возможно, могло быть основано на наблюдаемых данных. Всякий раз, когда это доступно, использование эмпирических моделей измерения, основанных на долговременных количественных данных, и использование эталонов сравнения и контрольных карт, которые могут показать, находится ли измерение под статистическим контролем, должны составлять часть усилий, которые необходимо затратить для получения надежных оценок неопределенности. Математическая модель должна всегда пересматриваться, когда наблюдаемые данные, включая результаты независимых определений

той же самой измеряемой величины, показывают, что модель неполна. Хорошо спланированный эксперимент может значительно способствовать повышению надежности оценок неопределенности и является частью искусства проведения измерения.

Для того чтобы решить, нормально ли функционирует измерительная система, экспериментально наблюдаемая изменчивость ее выходных величин, оцененная их наблюдаемыми стандартными отклонениями, часто сравнивают с предсказанным стандартным отклонением, полученным суммированием различных составляющих неопределенности, которые характеризуют измерение. В таких случаях следует рассматривать только те составляющие (независимо от того, получены ли они из оценивания по типу *A* или типу *B*), которые могут внести вклад в экспериментально наблюдаемую изменчивость этих выходных величин.

Таким образом, в большинстве случаев измеряемая величина Y не является прямо измеряемой, а зависит от других измеряемых величин X_1, X_2, \dots, X_N . Эти влияющие величины воздействуют на нее и преобразуют ее в ту величину, которую показывает средство измерений. Таким образом, измеряемую величину можно представить через функциональную зависимость выходной величины от входных $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$.

VIM3 устанавливает следующие определения.

***Входная величина** в модели измерения - величина, которая должна быть измерена, или величина, значение которой может быть получено другим способом, для того, чтобы рассчитать измеренное значение измеряемой величины.*

Пример: Если измеряемой величиной является длина стального стержня при заданной температуре, то действительная температура, длина при этой действительной температуре и температурный коэффициент линейного расширения стержня являются входными величинами в модели измерений.

Примечание 1 Входная величина в модели измерений часто является

выходной величиной измерительной системы.

Примечание 2 Входными величинами в модели измерений могут быть показания, поправки и влияющие величины.

Выходная величина в модели измерений – величина, измеренное значение которой вычисляют, используя значения входных величин в модели измерений.

Входные величины X_i могут в свою очередь зависеть от других величин, включая поправки и поправочные коэффициенты на систематические эффекты, что ведет к сложной функциональной зависимости:

$$X_1 = g_1(w_1, w_2, \dots, w_k)$$

$X_2 = g_2(z_1, z_2, \dots, z_l)$ и т. д., которая никогда не может быть записана точно.

Кроме того, функцию f можно определить экспериментально или может существовать только как алгоритм, который должен быть реализован численно, функцию f следует интерпретировать в этом более широком смысле, а именно – как функцию, которая содержит каждую величину, включая все поправки и поправочные коэффициенты, которые могут внести значительную составляющую в результат измерения.

Таким образом, если данные показывают, что модель не моделирует измерение до степени, налагаемой требуемой точностью результата измерения, то дополнительные входные величины должны быть включены в f для устранения неадекватности. Это может потребовать введения входной величины, чтобы отразить неполное знание явления, которое влияет на измеряемую величину.

Для того, чтобы осуществить моделирование измерения (разработать его математическую модель), необходимо составить список возможных источников изменчивости. На этом этапе нет необходимости учитывать количественные аспекты; целью является только обеспечение полной ясности в отношении того, что именно подлежит рассмотрению. При

составлении списка источников обычно удобно начать с основного выражения, используемого для вычисления результата из промежуточных величин. Все параметры в этом выражении могут иметь свои неопределенности, и уже поэтому они являются потенциальными источниками изменчивости. Кроме того, могут быть другие параметры, которые в явном виде не входят в выражение, используемое для нахождения значения измеряемой величины, но которые, тем не менее, влияют на результат (например, температура). Могут быть также скрытые источники неопределенности. Все эти источники должны быть включены в список.

С учетом поправок выходная величина может быть выражена:

При прямых измерениях

$$X = X_{ind} + \delta x_{cu} + \delta x_{on} + \delta x_m + \delta x_{ysl},$$

где X – выходная величина;

X_{ind} – точечная оценка измеряемой величины;

δx_{cu} – поправка на погрешность средства измерения;

δx_{on} – поправка на погрешность оператора;

δx_m – поправка на погрешность метода;

δx_{ysl} – поправка на погрешность условий.

При косвенных измерениях модель измерения представляется в виде формулы.

Очень удобным способом перечисления источников неопределенности, который показывает, как они связаны друг с другом и как влияют на неопределенность конечного результата, является построение диаграмм «причина – следствие» (см. рисунок 2.1). Так как не все источники могут быть отражены в математической модели, или не все они могут быть выделены, то можно осуществлять их группировку и учитывать совокупный эффект их влияния на результат. Данная диаграмма позволяет наглядно представить все входные величины и источники неопределенности, сгруппировать их и исключить дублирование.

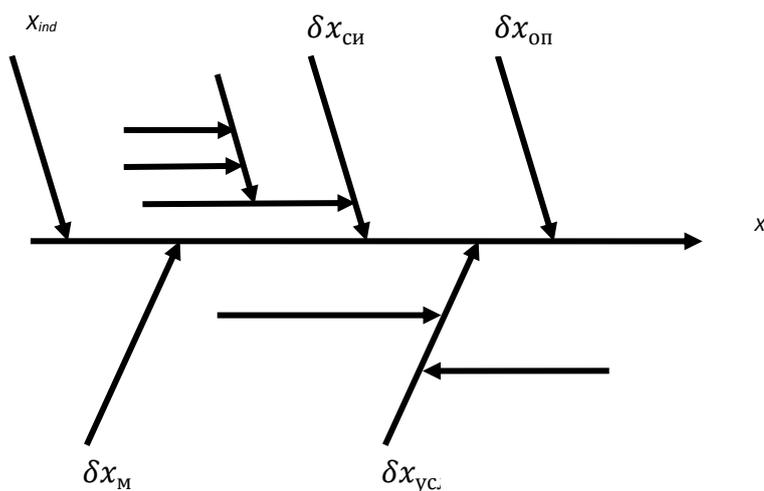


Рисунок 2.1 – Диаграмма причина-следствие

Примеры математических моделей измерения.

Пример: Влажность партии плит определяется с помощью математической модели:

$$W = W_{sam} + \delta W_{var},$$

где W_{sam} – влажность образца, %;

δW_{var} – поправка, обусловленная вариацией значений влажности образцов в пределах выборки из партии.

Влажность образца W_{sam} , %, вычисляется по ГОСТ 19592 в соответствии с выражением:

$$W_{sam} = \frac{m_1 + m_0}{m_0} 100 \% = \left(\frac{m_1}{m_0} - 1 \right) 100 \%$$

где m_1 – масса образца до высушивания, г;

m_0 – масса образца, высушенного до постоянной массы, г.

Пример: Сопротивление изоляции вычисляют по формуле:

$$R = R_{ind} - \delta R_o - \delta R_l - \delta R_t,$$

где R_{ind} – показываемое сопротивление, Мом;

δR_o – поправка на основную погрешность мегаомметра, Мом;

δR_l – поправка на дополнительную погрешность мегаомметра от протекания по схеме измерений токов влияний промышленной частоты, Мом;

δR_t - поправка на погрешность мегаомметра от изменения температуры окружающего воздуха от нормальной, Мом.

Далее строится таблица экспертных оценок влияния факторов

Пример представлен в таблице 2.1

Таблица 2.1 – Экспертные оценки влияния факторов

Входная величина	Факторы изменчивости	Примечание
Точечная оценка измеряемой величины X_{ind}	δx_{cu}	
	δx_m	
	δx_{op}	
	$\delta x_{усл}$	
Поправка на погрешность средств измерений $\delta X_{СИ}$		
Поправка на погрешность оператора $\delta X_{ОП}$		
Поправка на погрешность метода измерения δX_M		
Поправка на погрешность условий $\delta X_{УСЛ}$		

В примечании пишется учитывается либо не учитывается и по какой причине влияние факторов, что бы в дальнейшем применить данные для расчетов.

В то же время составляющие изменчивости можно сгруппировать в две категории в соответствии *со способом оценки их численного значения*:

A. составляющие, которые оцениваются путем применения статистических методов,

B. составляющие, которые оцениваются другими способами.

Целью классификации на *тип A* и *тип B* является показ двух различных способов оценки составляющих неопределенности, и она используется только для удобства обсуждения: она не предназначена для показа того факта, что существует какое-либо различие в природе этих составляющих, являющихся результатом этих двух типов вычисления. Для оценки входной величины X_i , которая не была получена в результате повторных наблюдений (оценивание по типу *B*), связанные с ними оцененная дисперсия $U^2(X_i)$ или стандартная неопределенность $U(X_i)$ определяются на базе научного суждения, основанного на всей доступной информации о возможной изменчивости X_i . Фонд информации может включать:

- данные предварительных измерений;
- данные, полученные в результате опыта или общие знания о поведении и свойствах соответствующих материалов и приборов;
- спецификации изготовителя;
- данные, которые приводятся в свидетельствах о калибровке и в других сертификатах, неопределенности, приписываемые справочным данным, взятым из справочников.

Правильное использование фонда доступной информации для оценивания стандартной неопределенности по типу *B* требует интуиции, основанной на опыте и общих знаниях, и является мастерством, которое приходит с практикой. Следует признать, что оценка стандартной неопределенности по типу *B* может быть такой же надежной, как и оценка по

типу A , особенно в измерительной ситуации, когда оценивание по типу A основывается на небольшом числе статистически независимых наблюдений.

Если все величины, от которых зависит результат измерения, изменяются, их неопределенность можно оценить статистическими методами. Однако так как на практике это редко представляется возможным из-за ограниченного времени и ресурсов, неопределенность результата измерения обычно оценивают, используя математическую модель измерения и закон распространения неопределенности. Таким образом, измерение можно моделировать математически до степени, определяемой требуемой точностью измерения.

3. Оценивание точности измерений на базе теории погрешностей

3.1 Общие положения

Согласно РМГ 29-99 *точность результата измерений (точность измерений)* – одна из характеристик качества измерения, отражающая близость к нулю погрешности результата измерения (считают, что чем меньше погрешность измерения, тем больше его точность).

Согласно *точность измерения* – близость согласования между измеренным значением величины и истинным значением измеряемой величины.

Примечание 1 к VIM. Понятие «точность измерения» не является величиной и не задается численным значением величины. Говорят, что измерение является более точным, когда оно предполагает меньшую погрешность измерения.

Примечание 2 к VIM. Под «точностью измерения» иногда понимают близость согласования между измеренными значениями величины, которые приписываются измеряемой величине.

Для оценивания точности измерения можно использовать аппарат теории погрешностей и концепции неопределенностей.

Теория погрешностей дает рекомендации, касающиеся оценивания точности измерений, которые представлены в ГОСТ 8.207 и РД 50.2.038.

Согласно РМГ 29-99 «погрешность результата измерения» – отклонение результата измерения от истинного (действительного) значения измеряемой физической величины.

Погрешность измерения является сложным и многократным понятием и ее можно классифицировать по различным критериям:

1. Источники возникновения погрешности;
2. Степень интегративности погрешности;
3. Характеризует проявление погрешности или ее проявление от измерения к измерению;
4. Значимость погрешности;
5. Режим измерения;
6. Форма выражения погрешности;
7. Форма используемой оценки.

Согласно классификации погрешности по характеру проявления выделяют 3 вида погрешностей измерения:

1. Случайные;
2. Систематические;
3. Грубые (Промахи).

«Случайная погрешность измерения» – составляющая погрешности результатов измерений изменяющая случайным образом (по знаку и значению), при повторных измерениях, проведенных с одинаковой тщательностью одной и той же физической величины.

«Систематическая погрешность измерения» – составляющая погрешности результата измерений, остающаяся постоянной или закономерно изменяющаяся при повторных измерениях одной и той же физической величины.

«Промех» – погрешность результата отдельного измерения входящего в ряд измерений, которое для данных условий резко отличающихся от основных погрешностей результата этого ряда.

Неисключенная систематическая погрешность – составляющая погрешности результата измерений, обусловленная погрешностями вычисления и введения поправок на влияние систематических погрешностей или систематической погрешностью, поправка на действие которой не введена вследствие ее малости (иногда этот вид погрешности называют неисключенный остаток систематической погрешности).

Неисключенная систематическая погрешность результата образуется из составляющих, в качестве которых могут быть неисключенные методические систематические погрешности, погрешности средств измерений и погрешности от других источников.

Согласно МИ 1552 за результат \tilde{A} однократного измерения принимают значение величины, полученное при отдельном измерении. Составляющие погрешности результата измерения должны быть известны до проведения измерений. Предполагается, что составляющие погрешности результата измерения известны, случайные погрешности составляющих распределены нормально, известные систематические погрешности исключены, а неисключенные систематические погрешности, представленные заданными границами $\pm\Theta$, распределены равномерно.

Согласно ГОСТ 8.207 за результат \tilde{A} многократных наблюдений принимают их среднее арифметическое (точечную оценку).

$$\tilde{A} = \frac{\sum X_i}{n}$$

где x_i – i -й результат наблюдения;

n – число результатов наблюдений;

Затем возможно выполнение двух промежуточных операций для проверки правильности расчетов \tilde{A} .

1) Расчет отклонений V_i результатов наблюдений от среднего арифметического значения:

$$V_i = \tilde{A} - x_i$$

2) Расчет суммы отклонений (отклонения суммируют с учетом знаков):

$$\sum_{i=1}^n V_i \approx 0$$

Если сумма отклонений практически равна нулю, расчеты значений \tilde{A} и V_i можно считать правильными, в противном случае необходимо перепроверить расчеты.

Расчет оценки S СКО результатов наблюдений:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \tilde{A})^2}{(n-1)}}$$

Оценку $S(\tilde{A})$ среднего квадратического отклонения результата измерения (оценку СКО среднего арифметического значения) определяют из зависимости

$$S(\tilde{A}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \tilde{A})^2}{n(n-1)}}$$

При наличии ранее рассчитанного значения S можно воспользоваться той же зависимостью, представленной в виде:

$$S(\tilde{A}) = S / \sqrt{n}$$

Доверительные границы (без учета знака) случайной погрешности ε результата измерения рассчитывают из зависимости

$$\varepsilon = t \cdot S(\tilde{A}),$$

где t – коэффициент Стьюдента, зависящий от доверительной вероятности P и числа результатов наблюдений n (находят из таблицы 3.1, взятой из справочного [приложения 2](#) ГОСТ 8.207). В случае отсутствия значимых неисключенных систематических составляющих погрешности за значения границ погрешности результата измерения Δ принимают полученное значение ε .

Таблица 3.1 – Значение коэффициента t для случайной величины Y , имеющей распределение Стьюдента с $n-1$ степенями свободы

$n-1$	$P=0,95$	$P=0,99$	$n-1$	$P=0,95$	$P=0,99$
3	3,182	5,841	16	2,120	2,921
4	2,776	4,604	18	2,101	2,878
5	2,571	4,032	20	2,086	2,845
6	2,447	3,707	22	2,074	2,819
7	2,365	3,499	24	2,064	2,797
8	2,306	3,355	26	2,056	2,779
9	2,262	3,250	28	2,048	2,763
10	2,228	3,169	30	2,043	2,750
12	2,179	3,055	∞	1,960	2,576
14	2,145	2,977			

Обычно принимают $P = 0,95$ или (в особых случаях) $0,99$ и выше. Особые случаи – те, в которых результаты измерений связаны со здоровьем и безопасностью жизни людей, с возможными значительными экономическими потерями. Иногда принимают $P = 0,99$ если существенно затруднены возможности повторения измерительного эксперимента или имеются иные причины.

При числе степеней свободы более 30, что приравнивается к бесконечности, чаще всего используют округленные значения коэффициента t , принимая $t \approx 2$ при $P = 0,95$ и $t \approx 2,6$ при $P = 0,99$, а при вероятности свыше $0,99$ для простоты принимают $t \approx 3$.

Далее при наличии известных оценок частных неисключенных систематических составляющих погрешностей Θ_i рассчитывают границы неисключенной систематической составляющей погрешности. В качестве границ частных неисключенных систематических погрешностей принимают, например, пределы допускаемых погрешностей используемых мер (гирь, концевых мер длины) и/или других средств измерений, если эти погрешности представлены в их паспортах или иных документах. При использовании аттестованных средств измерений, если в результаты измерений вносится взятая из аттестата поправка, границей частной неисключенной систематической погрешности считают предельную погрешность аттестации.

Суммирование составляющих неисключенной систематической погрешности результата осуществляют на основе допущения о том, что все неисключенные систематические погрешности можно рассматривать как случайные величины. При отсутствии данных о виде распределений этих величин, их распределения принимают за равновероятные. Такое распределение приписывают погрешностям, поскольку его можно считать наихудшим из возможных вариантов.

Доверительные границы неисключенной систематической погрешности результата измерения вычисляют следующим образом. При наличии нескольких неисключенных систематических погрешностей, заданных своими границами Θ_i , доверительную границу неисключенной систематической погрешности результата измерения $\Theta(P)$ (без учета знака) вычисляют по формуле:

$$\theta = k \sqrt{\sum_{i=1}^m \theta_i^2}$$

где θ_i – граница i -й неисключенной систематической погрешности;

k – поправочный коэффициент, определяемый принятой доверительной вероятностью и числом m составляющих Θ_i .

При $P = 0,90$ $k = 0,95$; при $P = 0,95$ $k = 1,1$.

Значение доверительной вероятности для вычисления границ неисключенной систематической погрешности принимают таким же, как и при вычислении доверительных границ случайной погрешности результата измерения.

При доверительной вероятности $P = 0,99$ коэффициент k принимают равным 1,4, если число суммируемых неисключенных систематических погрешностей более четырех ($m > 4$). Если число суммируемых погрешностей равно четырем или менее четырех ($m \leq 4$), то коэффициент k определяют по графику (рисунок 3.1) зависимостей $k = f(m, l)$, представленному в стандарте ГОСТ 8.207.

Значение аргумента /рассчитывают по формуле

$$l = \frac{\theta_1}{\theta_2}$$

где θ_1 – составляющая, наиболее отличающаяся от других числовым значением,

θ_2 – составляющая, ближайшая к θ_1 .

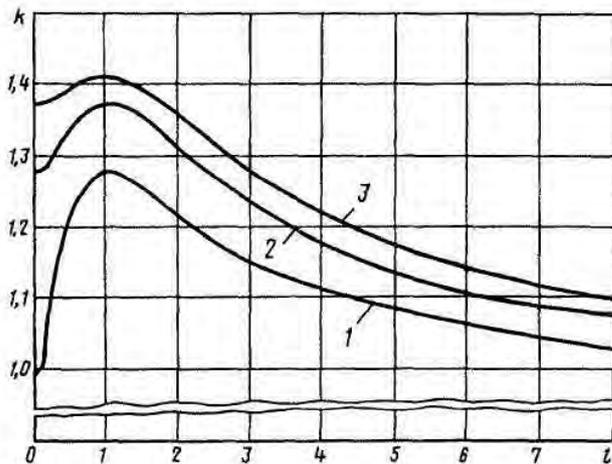


Рисунок 3.1 – Графики зависимостей $k = f(m, l)$: кривая 1 для $m=2$, кривая 2 для $m=3$ и кривая 3 для $m=4$

Далее для оценки значимости неисключенных систематических погрешностей по сравнению со случайными берут соотношение $\theta/S(\tilde{A})$.

Неисключенные систематические погрешности считают пренебрежимо малыми по сравнению со случайной составляющей если их значение менее $0,8 S(\tilde{A})$. В таком случае принимают, что граница погрешности результата измерения $\Delta = \varepsilon$.

Если значение неисключенной систематической погрешности превышает $8,0 S(\tilde{A})$, то пренебрегают случайной погрешностью как пренебрежимо малой по сравнению с систематической и принимают, что граница погрешности результата $\Delta = \theta$.

Если отношение неисключенной систематической составляющей погрешности к случайной находится между двумя указанными пределами, т.е.

$$0,8 \leq \theta/S(\tilde{A}) \leq 8,0,$$

то границу погрешности результата измерения находят путем построения композиции распределений случайных и неисключенных систематических погрешностей. В таком случае допускается границы погрешности результата измерения Δ (без учета знака) вычислять с использованием зависимости

$$\Delta = K S_{\Sigma}$$

где K – коэффициент, зависящий от соотношения случайной и неисключенной систематической погрешностей;

S_{Σ} – оценка суммарного среднего квадратического отклонения результата измерения.

Коэффициент K вычисляют по эмпирической формуле

$$K = \frac{\varepsilon + \theta}{S^2(\tilde{A}) + \sqrt{\sum_{i=1}^m \frac{\theta_i^2}{3}}}$$

Оценку суммарного среднего квадратического отклонения результата измерения определяют из зависимости

$$S_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \frac{\theta_i^2}{3} + S^2(\tilde{A})}$$

где $\theta/\sqrt{3}$ – оценка среднего квадратического отклонения i -й неисключенной систематической погрешности, полученная на основе ранее представленного допущения о равновероятном распределении этих погрешностей в границах $\pm \theta_i$, а соответственно $\theta_i^2/3$ – дисперсия этого отклонения.

3.2 Статистическая обработка результатов косвенных измерений

Порядок статистической обработки результатов косвенных измерений можно представить следующим образом:

1. Статистическая обработка результатов прямых измерений и нахождение \tilde{A}_i и $S(\tilde{A})_i$.

2. Расчет искомого значения ФВ (точечной оценки результата косвенных измерений)

$$Q = f(A_1, A_2, \dots, A_n).$$

3. Определение оценки каждой частной погрешности с учетом ее весового коэффициента

$$E_{x_i} = k_i S(\tilde{A})_i,$$

$$\text{где } k_i = \frac{\partial f}{\partial \tilde{A}_i}.$$

4. Определение оценки погрешности (среднего квадратического отклонения) результата косвенного измерения. Оценку погрешности результата косвенного измерения рассчитывают с учетом весовых коэффициентов частных погрешностей. При значимой стохастической связи оценка среднего квадратического отклонения (оценка погрешности косвенного измерения) рассчитывается с учетом коэффициента корреляции R_{ij} (определяют традиционными статистическими расчетами)

$$S_{Q_i} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (E_{x_i})^2 + \sum_{i,j=1}^n R_{ij} E_i E_j}$$

и практическом отсутствии корреляции между величинами, получаемыми в результате прямых измерений, что имеет место, например, в независимых измерениях длин для определения объема или длин и массы для расчета плотности

$$S_{Q_i} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (E_{x_i})^2}$$

5. Определение значения коэффициента Стьюдента t в зависимости от выбранной доверительной вероятности P и запись результата косвенного измерения в установленной форме

$$Q = t * S_{Q_i}, P=0,95 \text{ и } P=0,99$$

Результаты прямых и косвенных измерений должны отвечать требованиям обеспечения единства измерений, то есть в описании результата следует использовать узаконенные единицы физических величин и указывать оценки погрешностей.

Оформление результатов измерений должно соответствовать требованиям [МИ 1317-86](#) «Методические указания. ГСИ. Результаты и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров».

Простейшая форма представления результатов измерений, предложенная ГОСТ 8.207 для случая симметричной доверительной погрешности

$$\tilde{A} \pm \Delta; P$$

где \tilde{A} – точечная оценка результата измерения,

Δ – доверительная граница результата измерений,

P – доверительная вероятность.

Числовое значение точечной оценки результата измерения должно оканчиваться цифрой того же разряда, что и значение погрешности Δ .

При отсутствии данных о видах функций распределений случайных и неисключенных систематических составляющих погрешности, результаты измерений можно представить в форме

$$\tilde{A}; s(\tilde{A}), n, \Theta.$$

В случае если границы неисключенной систематической погрешности вычислены как композиция неисключенных частных систематических погрешностей, следует дополнительно указывать принятую в расчетах доверительную вероятность P .

Эту форму нельзя считать окончательной, очевидна необходимость анализа погрешностей и дальнейшей обработки результатов для представления их в нормированном виде, соответствующем требованиям [МИ 1317](#).

Требования к оформлению результата измерений:

- *наименьшие разряды должны быть одинаковы у точечной оценки результата и у характеристик погрешностей;*

- характеристики погрешностей (или их статистические оценки) выражают числом, содержащим *не более двух значащих цифр*, при этом для статистических оценок цифра второго разряда округляется *в большую сторону*, если последующая цифра неуказываемого младшего разряда *больше нуля*;

- допускается характеристики погрешностей (или их статистические оценки) выражать числом, содержащим одну значащую цифру, при этом для статистических оценок второй разряд (неуказываемый младший) округляется в большую сторону при отбрасывании цифры младшего разряда от 5 и более и в меньшую сторону при отбрасывании цифры меньше 5.

Примеры форм представления результатов измерений:

1. $(8,334 \pm 0,012)$ г; $P = 0,95$.
2. 32,014 мм. Характеристики погрешностей и условия измерений по РД 50-98 – 86, вариант 7к.
3. $(32,010...32,018)$ мм; $P = 0,95$. Измерение индикатором ИЧ 10 класса точности 0 на стандартной стойке с настройкой по концевым мерам длины 3 класса точности. Измерительное перемещение не более 0,1 мм; температурный режим измерений ± 2 °С.
4. 72,6360 мм; $\Delta_{\text{н}} = -0,0012$ мм, $\Delta_{\text{в}} = +0,0018$ мм, Релей; $P = 0,95$.
5. 10,75 м³/с; $\sigma(\Delta) = 0,11$ м³/с, $\sigma(\Delta_{\text{с}}) = 0,18$ м³/с, равн. Условия измерений: температура среды 20 °С, кинематическая вязкость измеряемого объекта $1,5 \cdot 10^{-6}$ м²/с.

4.Оценивание точности измерений на базе концепции неопределенности

4.1 Общие положения

Согласно РМГ 29-99 *точность результата измерений (точность измерений)* – одна из характеристик качества измерения, отражающая близость к нулю погрешности результата измерения (считают, что чем меньше погрешность измерения, тем больше его точность).

Согласно VIM **точность измерения** – близость согласования между измеренным значением величины и истинным значением измеряемой величины.

В Примечаниях к VIM сказано, что «понятие «точность измерения» не является величиной и не задается численным значением величины», «под точностью измерения иногда понимают близость согласования между измеренными значениями величины, которые приписываются измеряемой величине». Для оценивания точности измерения можно использовать аппарат теории погрешностей и концепции неопределенностей.

Согласно GUM «**неопределенность**» – параметр связанный с результатом измерения, характеризующий рассеяние значений, которые могут быть обоснованно приписаны измеряемой величине.

Согласно VIM 3 «**неопределенность измерений**» – не отрицательный параметр характеризующий рассеяние значений приписываемых измеряемой величине на основании используемой информации.

Стандартная неопределенность – неопределенность, выраженное как стандартное отклонение $u(x)$ по типу A или по типу B.

Суммарная стандартная неопределенность – стандартная неопределенность результата измерения, когда результат получают из значений ряда других величин, равная положительному квадратному корню суммы членов, причем члены являются дисперсиями или ковариациями этих других величин, взвешенными в соответствии с тем, как результат измерения изменяется в зависимости от изменения этих величин.

Суммарная стандартная неопределенность $u_c(y)$ представляет собой оцененное стандартное отклонение и характеризует разброс значений, которые могут быть с достаточным основанием приписаны измеряемой величине Y и рассчитывается из суммарной дисперсии $u_c^2(y)$ по закону распределения неопределенностей:

При прямых измерениях:

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^m u_c^2(x_i) \pm 2cov(x_i, x_j)}$$

где $u_c(y)$ – суммарная стандартная неопределенность выходной величины;
 $u_c(x_i)$ – стандартная неопределенность i -той входной величины;
 $\pm 2cov(x_i, x_j)$ – учитывается только при наличии ковариации между входными величинами

При косвенных измерениях (если модель линейная):

В абсолютном виде:

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^m C_i^2 u^2(x_i) \pm 2cov(x_i, x_j)} \quad (2)$$

В относительном виде:

$$\frac{u_c(y)}{y} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \frac{C_i^2 u^2(x_i)}{x_i^2}} \quad (3)$$

где C_i – коэффициент влияния, коэффициент чувствительности, которые могут быть рассчитаны через частные производные, могут быть получены экспериментально методом приращений и т.д.

$$C_i = \frac{\partial y}{\partial x} \quad (4)$$

Для не линейных моделей можно применять метод разложения в ряд Тейлора с производными более высоких порядков.

Для удовлетворения требований в некоторых областях промышленности и торговли, здравоохранения и безопасности необходимо также указывать расширенную неопределенность U .

Расширенная неопределенность – величина, определяющая интервал вокруг результата измерения, в пределах которого, можно ожидать, находится большая часть распределения значений, которые с достаточным основанием могли быть приписаны измеряемой величине. Эта часть распределения может рассматриваться как *вероятность охвата* или *уровень доверия* для интервала. Расширенная неопределенность находится путем

умножения стандартной неопределенности на коэффициент охвата (покрытия) k :

$$U_p = k \cdot U_c(y) \quad (5)$$

Коэффициент охвата – числовой коэффициент, используемый как множитель суммарной стандартной неопределенности для получения расширенной неопределенности. Обычно численное значение коэффициента охвата находится в пределах от 2 до 3. На практике, а также при проведении калибровок принимают $k=2$ для интервала, имеющего уровень доверия 95% и $k=3$ для интервала, имеющего уровень доверия 99%.

Согласно концепции неопределенности для каждой величины, входящей в уравнение модели, необходимо определить оценку и стандартную неопределенность. *Оценками* входных величин ($X_1, X_2 \dots X_N$) являются их математические ожидания. *Стандартная неопределенность* $u(x_i)$, связанная с оценкой измеряемой величины X_i , является стандартным отклонением величины. При этом каждую входную оценку X_i и связанную с ней стандартную неопределенность $u(x_i)$ получают из распределения вероятностей входной величины X_i . Набор входных величин $X_1, X_2 \dots X_N$, участвующих в измерении, можно условно разделить на две группы:

- 1) величины, значения и неопределенности которых определяются непосредственно в текущем измерении (в результате одного наблюдения, повторных наблюдений или заключения, основанного на опыте); они могут требовать определения поправок в показания прибора и поправок на влияющие величины (температуру, атмосферное давление, влажность и др.) – оценивание неопределенности по типу *A*;
- 2) величины, значения и неопределенности которых вносятся в измерение из внешних источников, связанных с аттестованными эталонами, стандартными образцами или справочными данными - оценивание неопределенности по типу *B*.

Если бы лаборатория обладала неограниченными ресурсами, то все составляющие неопределенности оценивались бы статистическими методами

на основе экспериментальных данных. Однако в некоторых измерительных ситуациях, когда не представляется возможным организовать достаточное количество независимых наблюдений, оценка стандартной неопределенности по типу *B* может быть такой же надежной, как и оценка по типу *A*.

Оценивание стандартной неопределенности по типу *A* может основываться на любых обоснованных методах статистической обработки данных, таких как:

- расчет стандартного отклонения и среднего значения на основании серии наблюдений;
- использование метода наименьших квадратов для подбора кривой к данным (например, градуировочной кривой) и последующего расчета соответствующих оценок параметров градуировочной функции и их стандартных отклонений;
- проведение дисперсионного анализа для идентификации и определения значений отдельных случайных эффектов в измерениях, чтобы эти эффекты могли быть правильно приняты во внимание при оценивании неопределенности измеряемой величины и др.

Наилучшей доступной оценкой математического ожидания или ожидаемого значения μ_x величины X , изменяющейся случайным образом (случайная переменная), для которой были получены n независимых наблюдений X_i при одинаковых условиях измерения, является среднее арифметическое или среднее значение \bar{x} из n наблюдений:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (6)$$

Таким образом, для входной величины X_i , оцененной из n независимых повторных наблюдений, среднее арифметическое \bar{x} , полученное из уравнения (1), используется как входная оценка x_i в уравнении (1) для определения результата измерения y , т.е. $x_i = \bar{x}$.

Случайные составляющие неопределенности предположительно возникают из непредсказуемых или стохастических временных или

пространственных изменений влияющих величин. Эффекты таких изменений (случайные эффекты) вызывают изменения измеряемой величины при повторных наблюдениях, что следует из формулы для отклонения среднего значения измеряемой величины:

$$u(\bar{x}) = \frac{u(x)}{\sqrt{n}}, \quad (7)$$

где $u(x)$ – стандартная неопределенность входной величины x , рассчитываемая из выражения:

$$u(x) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2} \quad (8)$$

Оценивание неопределенности по типу B основывается на базе научного суждения, основанного на всей доступной информации о возможной изменчивости X_i . Фонд информации может включать:

- данные предварительных измерений;
- данные, полученные в результате опыта, или общие знания о поведении и свойствах соответствующих материалов и приборов;
- спецификация изготовителя;
- данные, которые приводятся в свидетельствах о калибровке и в других сертификатах;
- неопределенности, приписываемые справочным данным, взятым из справочников.

Правильное использование фонда доступной информации для оценивания стандартной неопределенности по типу B требует интуиции, основанной на опыте и общих знаниях, и является мастерством, которое приходит с практикой. Имеющуюся информацию и знания или даже предположения о величинах X_i необходимо правильно описать с помощью распределения вероятностей, чтобы затем определить оценки величин и их стандартные отклонения. При этом чаще всего используются распределение Гаусса (нормальное), прямоугольное (равномерное), треугольное.

Распределение Гаусса применяют, когда:

- оценка получена из повторных наблюдений случайно изменяющегося процесса ($u(x) = s$);

- неопределенность дана в форме стандартного отклонения наблюдений ($s = u(x)$);

неопределенность дается в форме 95%-ого или другого интервала доверия Q без указания вида распределения: $u(x) = Q/2$ (для Q при 95 %).

Для входной величины, имеющей нормальное распределение с ожиданием μ_x и стандартным отклонением σ функция распределения вероятностей имеет вид (рисунок 4.1):

$$p(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-(x - \mu_x)^2 / 2\sigma^2\right] \quad (9)$$

Тогда x_i , ожидание или ожидаемое значение X_i , является средней точкой интервала:

$$x_i = \frac{(a_+ - a_-)^2}{2} \quad (10)$$

Дисперсия и стандартное отклонение рассчитываются по формулам:

$$U^2(x_i) = \frac{a^2}{3} \quad (11)$$

$$U(x_i) = \frac{a}{\sqrt{3}} \quad (12)$$

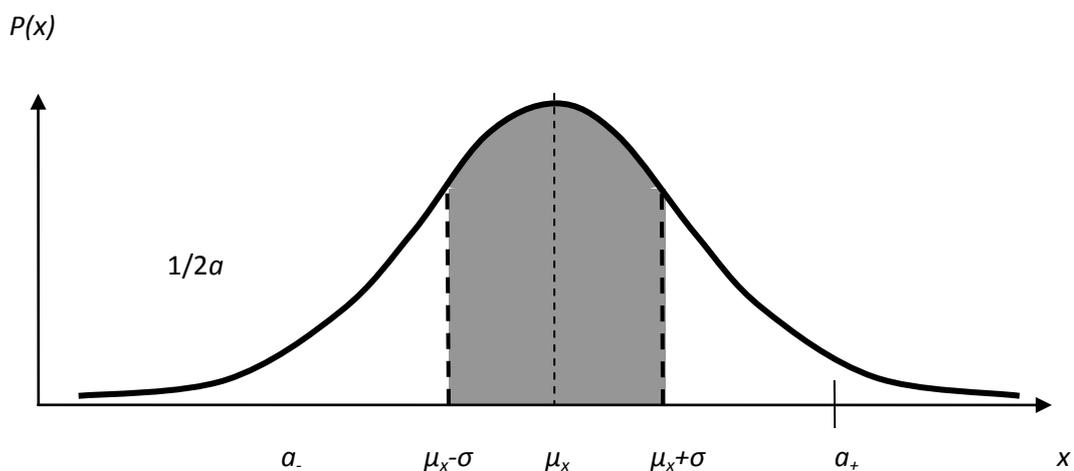


Рисунок 4.1 - Графическая иллюстрация нормального распределения

Прямоугольное распределение. Если нет конкретной информации о характере распределения X_i внутри интервала от a_- до a_+ , то можно только предположить, что данная величина может находиться в любом месте в его пределах с одинаковой вероятностью (равномерное или прямоугольное распределение, см. рисунок 4.2а).

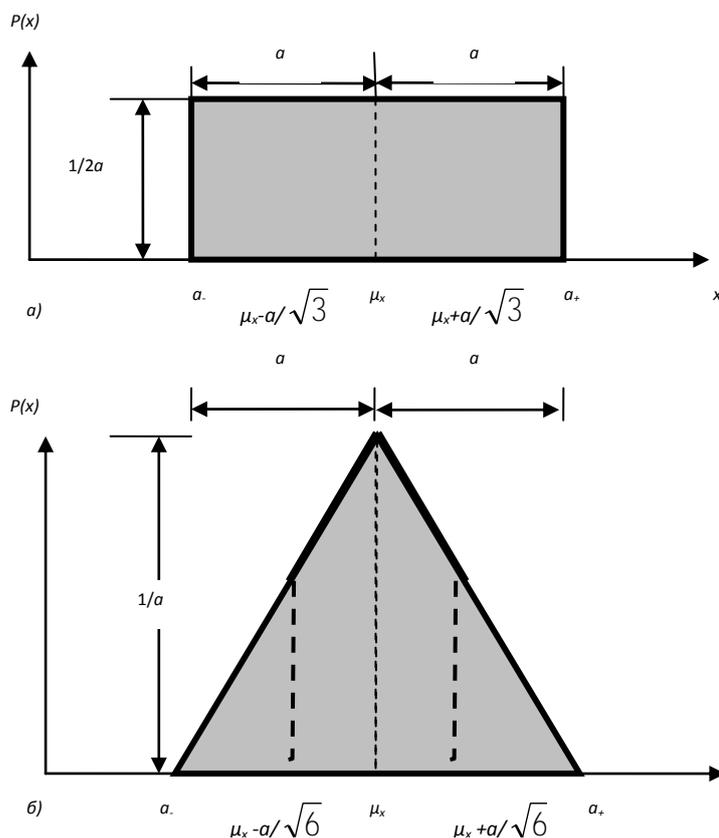


Рисунок 4.2 – Графическая иллюстрация оценивания стандартной неопределенности входной величины из априорного распределения:

Если составляющая неопределенности, полученная таким образом, дает значительный вклад в неопределенность результата измерения, имеет смысл получить дополнительные данные для ее дальнейшего оценивания.

Прямоугольное распределение вероятностей применяется когда:

- об измеряемой величине только известно, что ее значение наверняка лежит в определенной области (от $-a$ до $+a$), и что каждое значение между границам этой области с одинаковой вероятностью может приниматься в расчет;

- сертификат или другой документ дает пределы без определения уровня доверия (например, 25 мл \pm 0,05 мл), $\pm a = \pm 0,05$ мл;
- оценка получена в форме максимальных значений диапазона ($\pm a$) неизвестной формой распределения.

Рассмотренные разрывы ступенчатой функции в распределении вероятностей являются часто нефизическими: во многих случаях более реалистично ожидать, что значения возле границ гораздо менее вероятны, чем те, которые находятся возле центра. Тогда целесообразно заменить симметричное прямоугольное распределение симметричным трапецеидальным, имеющим одинаковые наклонные стороны (равнобедренная трапеция) или треугольным распределением (рисунок 2б):

$$U^2(x_i) = \frac{a^2}{6} \quad (13)$$

$$U(x_i) = \frac{a}{\sqrt{6}} \quad (14)$$

Треугольное распределение вероятностей применяется когда:

- доступная информация относительно x менее ограничена, чем для прямоугольного распределения, значения возле x (среднее арифметическое) более вероятны, чем у границ;
- оценка получена в форме максимальных значений диапазона ($\pm a$), описанного симметричным распределением.

Таким образом, оценку стандартной неопределенности по типу A получают из функции плотности вероятностей, основанной на наблюдаемом распределении частот, а оценку стандартной неопределенности по типу B получают из априорной функции распределения вероятностей, то есть предполагаемой функции распределения вероятностей, основанной на имеющейся информации о величине и связанной с ней (с информацией) субъективной вероятностью. В обоих случаях распределения вероятностей являются описанием наших неполных знаний о входных величинах.

Полученные оценки измеряемых величин и их неопределенностей подставляют в выражение для расчета суммарной стандартной неопределенности $U_c(y)$.

В случае указания расширенной неопределенности результат измерения выражается в виде интервала $Y = y \pm U$ ($y - U \leq y \leq y + U$), который содержит большую часть распределения вероятностей, характеризуемого результатом измерения и его суммарной стандартной неопределенностью, и p является *вероятностью охвата* или *уровнем доверия* этого интервала. Следует обратить внимание на то, что в концепции неопределенности слово "доверие" не используется для модификации слова "интервал", когда ссылаются на интервал, определяемый U . Термин "доверительный уровень" также не используется в связи с интервалом, так как эти термины имеют в статистике специальные определения и применяются к интервалу, когда выполнены определенные условия.

Анализ неопределенности измерения – часто также называемый бюджетом неопределенности, служит для обобщения и наглядного представления всей полученной и проанализированной ранее информации в количественной форме о входных величинах с целью облегчения непосредственного расчета значения стандартной неопределенности, связанной с измеряемой (выходной) величиной. Бюджет неопределенности может также использоваться для анализа вкладов каждого источника неопределенности в суммарную стандартную неопределенность с целью определения точности измерительного процесса, корректировки модели измерения или поиска способов уменьшения значений неопределенностей от некоторых вкладов, оказывающих наибольшее влияние на конечный результат. Для сравнения вкладов источников неопределенности в суммарную стандартную неопределенность используют понятие процентного вклада. Процентный вклад неопределенности i -ой входной величины в суммарную стандартную неопределенность вычисляется как:

$$\frac{u_i^2(y)}{u_c^2(y)} 100\% \quad (15)$$

Сумма всех процентных вкладов должна быть равна 100%.

Таблица 4.1 – Бюджет неопределенности

Величина X_i	Единица измерения	Оценка x_i	Интервал от $-a$ до $+a$	Тип оценивания неопределенности	Распределение вероятностей	Стандартная неопределенность	Коэффициент чувствительности c_i	Вклад в неопределенности $u_i(y)$
X_1		x_1				$u(x_1)$	c_1	$u_1(y)$
X_2		x_2				$u(x_2)$	c_2	$u_2(y)$
...								
X_N		x_N				$u(x_N)$	c_N	$u_N(y)$
Y		y						$u(y)$

Расчет значения измеряемой или выходной величины Y заключается в нахождении значения ее оценки y . Полученное значение оценки принимается за результат измерения. Оценку выходной величины получают из уравнения модели, заменяя входные величины X_i их оценками x_i :

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_N)$$

При этом предполагается, что значения входных величин являются лучшими оценками входных величин, что они были внесены поправки на влияния и эффекты, значимые для данной модели. Если это не так, то необходимые поправки должны вводиться в модель в качестве отдельных входных величин.

Когда вклад неопределенности входной величины в суммарную стандартную неопределенность является доминирующим, то есть ее стандартная неопределенность больше, чем суммарная стандартная неопределенность всех остальных входных величин, то распределение

вероятностей, характеризуемое результатом измерения и суммарной стандартной неопределенностью, предполагается аналогичным распределению вероятностей доминирующего вклада.

При записи численного результата измерения в *GUM* рекомендуется применять следующие способы. В качестве примера рассмотрим эти способы записи для эталона массы *m_{SC}* номинальным значением 100 г. Если мерой неопределенности измерения является суммарная стандартная неопределенность $u_c(y)$:

1) "ms = 100,02147 г (с суммарной стандартной неопределенностью) $u_c(y) = 0,35$ мг"

или "100,02147 г; 0,35 мг";

или "100,02147 г; $3,5 \cdot 10^{-6}$ ", где число после ";" без указания единиц величин является относительной стандартной неопределенностью $u_c(y)/|y|$;

2) "ms = 100,02147(35) г", где цифры в скобках являются численным значением суммарной стандартной неопределенности $u_c(y)$, соответствующие последним цифрам приведенного результата;

3) "ms = 100,02147(0,00035) г", где число в скобках является численным значением суммарной стандартной неопределенности $u_c(y)$, выраженной в единицах величин результата измерения;

или "100,02147 г (0,35 мг)", где число в скобках является численным значением суммарной стандартной неопределенности $u_c(y)$, выраженной в указанных единицах величин;

или "100,02147 г ($3,5 \cdot 10^{-6}$)", где число в скобках без указания единиц величин являются относительной стандартной неопределенностью $u_c(y)/|y|$;

или "ms = (100,02147 ± 0,00035) г", где число, следующее за знаком ±, является численным значением стандартной суммарной неопределенности $u_c(y)$, а не доверительным интервалом;

или 100,02147 г ($1 \pm 3,5 \cdot 10^{-6}$).

Последней формы следует избегать, поскольку традиционно она использовалась для указания интервала, соответствующего высокому уровню

доверия, и, следовательно, может быть спутана с расширенной неопределенностью, хотя скобки, применяемые при этой форме записи, используются с целью предотвращения такой путаницы.

Если мерой неопределенности измерения является расширенная неопределенность U , то лучше всего указать результат в виде $y \pm U$. При этом наиболее полной будет следующая форма записи:

" $m_s = (100,02147 \pm 0,00079)$ г, где число следующее за знаком \pm , является численным значением расширенной неопределенности $U = k u_c(y)$, причем U определено из суммарной стандартной неопределенности $u_c(y) = 0,35$ мг и коэффициента охвата $k = 2$, основанного на нормальном распределении, и определяет интервал, оцененный как имеющий уровень доверия 95 %";

а более краткой " $100,02147$ г $\pm 0,00079$ г ($k = 2, p = 95\%$)"

или " $100,02147$ г $\pm 0,79$ мг ($k = 2, p = 95\%$)",

где в скобках указано значение коэффициента охвата и уровня доверия

Численные значения оценки y и ее стандартной неопределенности $u_c(y)$ или расширенной неопределенности U не следует давать с избыточным числом цифр. Обычно достаточно привести их с двумя значащими цифрами, хотя в некоторых случаях может быть необходимо сохранить дополнительные цифры для того, чтобы избежать погрешности округления в следующих расчетах.

При сообщении окончательных результатов иногда может быть уместным округлить неопределенности в сторону увеличения, а не до ближайшей цифры. Например, $u_c(y) = 10,47$ мОм можно округлить до 11 мОм. Однако здравый смысл должен возобладать, и значение, такое как $u_c(y) = 28,05$ кГц, следует округлить до 28 кГц.

Выходные и входные оценки должны округляться так, чтобы соответствовать своим неопределенностям; например, если $y = 10,05762$ Ом с $u_c(y) = 27$ мОм, то y следует округлить до 10,058. Коэффициенты корреляции

должны даваться с точностью до третьей цифры, если их абсолютные значения близки к единице.

Полный результат измерения, состоящий из оценки измеряемой величины Y и расширенной неопределенности U , представляют в виде записи следующей формы:

«Расход воздуха составил (11956 ± 1476) м³/ч, где число, следующее за знаком \pm , является численным значением расширенной неопределенности, которая получена умножением суммарной стандартной неопределенности на коэффициент охвата $k = 2$, основанный на предполагаемом нормальном распределении, и определяет интервал, соответствующий вероятности охвата приблизительно 95%».

5. Внутрिलाбораторный эксперимент по оценке точности результатов измерений

5.1 Общие положения

Согласно РМГ 29-99 *точность результата измерений*—одна из характеристик качества измерения, отражающая близость к нулю погрешности результата измерения (считают, что чем меньше погрешность измерения, тем больше его точность).

Согласно VIM *точность измерений* (точность) – близость измеренным значением измеренного значения к истинному значению измеряемой величины.

“Точность измерений” не является величиной и поэтому не может быть представлена в виде численного значения величины. Считается, что измерение является более точным, если оно имеет меньшую погрешность измерения.

Термин “точность измерений” не следует использовать для обозначения правильности измерений, а термин прецизионность измерений – для обозначения “точности измерений”, хотя последнее имеет связь с обоими этими понятиями.

Под “точностью измерений” иногда понимают близость между значениями величины, приписываемыми измеряемой величине.

Согласно СТБ ИСО 5725-1-2002 **точность** – близость результата испытаний (измерений) к принятому эталонному значению величины.

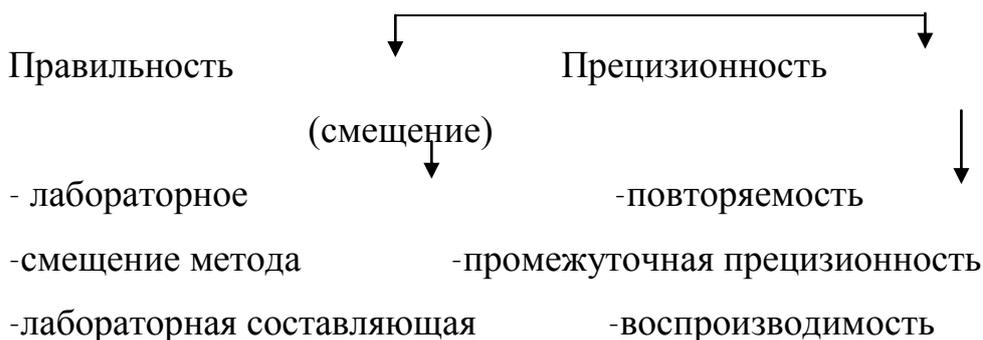
Термин «точность», когда его относят к серии результатов испытаний, включает в себя комбинацию случайных компонентов и общего компонента систематической ошибки или смещения.

Для описания точности метода измерений в СТБ ИСО 5725 используются два термина: правильность и прецизионность.

Правильность – близость среднего значения, полученного на основании большой серии результатов испытаний (измерений), к принятому эталонному значению величины. Показатель правильности обычно выражают в терминах смещения. Правильность иногда понимают как «точность среднего значения». Применение данного термина не рекомендуется.

Прецизионность – близость между независимыми результатами измерений (испытаний), полученными при определенных принятых условиях. Прецизионность зависит только от распределения случайных ошибок и не связана ни с истинным значением, ни с заданным значением. Показатель прецизионность обычно выражают в терминах рассеяния и вычисляют как стандартное отклонение результатов измерений (испытаний). Малой прецизионности соответствует большее стандартное отклонение. Условия повторяемости и воспроизводимости являются совокупностями предельных условий, представляющими собой частный случай.

Точность



смещения

Повторяемость (сходимость) результатов измерений: степень близости друг к другу независимых результатов измерений, полученных в условиях повторяемости – одним и тем же методом на идентичных объектах, в одной и той же лаборатории, одним и тем же оператором, с использованием одного и того же оборудования, в пределах короткого промежутка времени.

Воспроизводимость результатов измерений – близость результатов измерений одной и той же величины, полученных в разных местах, разными методами, разными средствами, разными операторами, в разное время, но приведенных к одним и тем же условиям измерений.

Во внутрилабораторном эксперименте находят только лабораторное смещение. А в межлабораторном эксперименте находят лабораторное смещение, смещение метода и межлабораторное смещение(лабораторная составляющая смещения)

Множество различных факторов (помимо вариаций между предположительно идентичными образцами) может способствовать изменчивости результатов в зависимости от метода измерений, в том числе:

- a) оператор;
- b) используемое оборудование;
- c) калибровка оборудования;
- d) условия окружающей среды (температура, влажность, загрязнение воздуха и т.д.);
- e) время, проходящее между измерениями.

Изменчивость между измерениями, осуществляемыми разными операторами и/или с использованием различного оборудования, как правило, будет выше, чем изменчивость между измерениями, выполняемыми в пределах короткого интервала времени одним оператором с использованием одного и того же оборудования.

Общим термином для изменчивости между повторяемыми измерениями является прецизионность. Два условия прецизионности,

называемые условиями повторяемости и воспроизводимости, были признаны необходимыми и для многих практических случаев полезными для описания изменчивости результатов метода измерений. В условиях повторяемости факторы от а) до е), перечисленные выше, считаются постоянными и не способствуют изменчивости, тогда как в условиях воспроизводимости они изменяются и способствуют изменчивости метода измерений. Таким образом, условия повторяемости и воспроизводимости являются двумя предельными условиями прецизионности, где первые характеризуют минимальную, а вторые максимальную изменчивости результатов. Промежуточные условия между данными двумя предельными условиями прецизионности также возможны в тех случаях, когда одному или большему числу факторов от а) до е) позволяют изменяться, и они применяются при определенных заданных обстоятельствах. Прецизионность, как правило, выражается через стандартные отклонения.

Правильность метода измерений представляет интерес, когда имеется возможность постичь истинное значение для измеряемой величины. Несмотря на то, что для некоторых методов измерений истинное значение не может быть точно известно, можно получить принятое эталонное значение для измеряемой величины, например, если имеются в распоряжении соответствующие эталонные материалы или если принятое эталонное значение может быть установлено относительно другого метода измерений или путем приготовления известного образца. Правильность метода измерений может быть исследована посредством сравнения принятого эталонного значения с уровнем результатов. Полученных методом измерений. Правильность, как правило, выражается с помощью смещения. Смещение появляется, например, при химическом анализе в том случае, если метод измерений не позволяет полностью выделить элемент или если наличие одного элемента препятствует определению другого.

Во всех частях СТБ ИСО 5725 общий термин «точность» используется в том случае, когда подразумевается как правильность, так и прецизионность.

Термин «точность» одно время использовался, распространяясь лишь на один компонент, именуемый теперь правильностью, однако стало очевидным, что для большинства людей он должен подразумевать суммарное смещение результата по отношению к эталонному значению как вследствие случайных, так и систематических эффектов.

Показатели точности (правильность и прецизионность) должны определяться на основании серии результатов, протоколируемых участвующими в эксперименте лабораториями, с их систематизацией под руководством комиссии специалистов, специально созданной для данной цели. Такого рода межлабораторный эксперимент носит название «эксперимента по оценке точности». Эксперимент по оценке точности может называться также «экспериментом по оценке прецизионности» или «экспериментом по оценке правильности» в соответствии с его ограниченной целью. Эксперимент по оценке точности можно рассматривать в качестве практической проверки адекватности стандартного метода измерений. Одной из основных целей стандартизации является устранение различий между пользователями (лабораториями) настолько это возможно, и чтобы данные, полученные в эксперименте по оценке точности, свидетельствовали о том, насколько эффективно данная цель была достигнута. Явные различия во внутрилабораторных расхождениях или между средними значениями по лаборатории могут указывать на то, что стандартный метод измерений еще недостаточно детализирован и по всей вероятности может быть улучшен. Если это так, то об этом необходимо сообщить в орган, ответственный за стандартизацию, вместе с запросом о дальнейшем изучении.

Могут существовать два метода измерений для определения одной и той же характеристики, один из которых проще и дешевле другого, но реже применяется. Значения правильности и прецизионности могут быть использованы для оправдания использования более дешевого метода для некоторого ограниченного диапазона материалов.

В пределах одной лаборатории ее дисперсия согласно условиям повторяемости носит название внутрилабораторной дисперсии и обозначается σ_w^2 , а ее оценка обозначается S_w :

Можно считать, что σ_w^2 будет иметь различные значения в различных лабораториях вследствие таких различий, как например, квалификация операторов, однако в СТБ ИСО 5725 подразумевается, что для метода измерений, стандартизованного соответствующим образом, такие различия между лабораториями будут невелики, что позволяет установить общее значение внутрилабораторной дисперсии для всех лабораторий, пользующихся методом измерений. Данное общее значение, которое оценивается средним арифметическим внутрилабораторных дисперсий, носит название дисперсии повторяемости и обозначается

$$\sigma_r^2 = \overline{\sigma_w^2} \quad (1)$$

или может быть выражено через оценки дисперсий

$$S_r^2 = \overline{S_w^2} \quad (2)$$

Находим пределы повторяемости и воспроизводимости:

$$r = 2,8 \sigma_r \quad (3)$$

$$R = 2,8 \sigma_R \quad (4)$$

σ_r - стандартное отклонение повторяемости

σ_R - стандартное отклонение воспроизводимости

Данное среднее арифметическое рассчитывается на основании данных всех тех лабораторий, принимающих участие в эксперименте по оценке точности, которые остаются после того, как будут исключены выбросы.

При применении метода измерений в пределах одной лаборатории достижимы многие условия измерений, такие как:

- условия повторяемости (постоянство четырех факторов);
- условия с одним, двумя или тремя изменяющимся фактором;
- условия с четырьмя изменяющимися факторами;

Внутрилабораторное исследование и анализ промежуточных показателей прецизионности состоит в том, чтобы провести серии с n наблюдениями с изменениями фактора(ов) между каждой серией. Оценка промежуточного стандартного отклонения прецизионности с изменяющимися M -факторами производится по формуле:

$$s_w = \sqrt{\frac{1}{t(n-1)} \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^n (y_{jk} - \bar{y}_j)^2}. \quad (5)$$

y_{jk} – результат j -го наблюдения в k -той серии;

\bar{y}_j – среднее значение результатов наблюдений в k -той серии.

n – количество наблюдений в серии

t – количество серий

Для оценки внутрилабораторных изменчивостей, как правило, применяется критерий Кохрена. Хотя и предполагается, что между лабораториями существуют лишь небольшие различия во внутрилабораторных дисперсиях, тем не менее, опыт показывает, что так дело обстоит не всегда, поэтому в стандарт СТБ ИСО 5725-2 был включен данный критерий.

Расчетное значение критерия Кохрена представляет собой отношение наибольшей из оценок дисперсий к сумме всех найденных оценок дисперсий:

$$C = \frac{s_{\max}^2}{\sum_{i=1}^p s_i^2} \quad (6)$$

где s_{\max} – наибольшее стандартное отклонение в совокупности.

В том случае, если значение статистики меньше или равно своего 5%-ного критического значения, то исследуемая позиция признается корректной.

В том случае, если значение статистики больше своего 5 %-ного критического значения и меньше или равно своего 1 %-ного критического значения, то исследуемой позиции присваивается название разброса и она отмечается одной звездочкой.

В том случае, если значение статистики больше своего 1 %-ного критического значения, то исследуемой позиции присваивается название статистического выброса и она отмечается двумя звездочками. Критические значения для критерия Кохрена представлены в таблице 4 СТБ ИСО 5725-2.

Критерий Граббса

Проверка на один выброс

Для проверки, не является ли выбросом наибольшая величина из x расположенных в порядке возрастания совокупности данных $x_i (i = 1, 2, \dots, p)$, вычисляют статистику Граббса G_p по формуле

$$G_p = (x_p - \bar{x}) / s, \quad (7)$$

где

$$\bar{x} = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p x_i; \quad (8)$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{p-1} \sum_{i=1}^p (x_i - \bar{x})^2}. \quad (9)$$

Для проверки значимости наименьшего результата наблюдения вычисляют тестовую статистику

$$G_1 = (\bar{x} - x_1) / s. \quad (10)$$

В случае, если значение тестовой статистики меньше (или равно) 5 %-ного критического значения, тестируемую позицию признают корректной.

В случае, если значение тестовой статистики больше 5 %-ного критического значения и меньше (или равно) 1 %-ного критического значения, тестируемую позицию называют квазивыбросом и отмечают одной звездочкой.

В случае, если значение тестовой статистики больше 1 %-ного критического значения, тестируемую позицию называют статистическим выбросом и отмечают двумя звездочками.

Эксперимент по определению лабораторного смещения отдельной лаборатории, использующей стандартный метод измерений, проводится строго в соответствии со стандартным методом, и измерения должны выполняться в условиях повторяемости. Перед оцениванием правильности

необходимо произвести проверку прецизионности стандартного метода измерений при реализации его лабораторией. Данная проверка включает сравнение между внутрилабораторным стандартным отклонением и установленным (ранее) стандартным отклонением повторяемости стандартного метода измерений.

Схема эксперимента включает измерения, требуемые от отдельной лаборатории при проведении эксперимента по оценке прецизионности, изложенного в ИСО 5725-2. Кроме сокращения до одной лаборатории единственным значительным различием является дополнительное требование по использованию принятого эталонного значения.

Может оказаться так, что попытка измерить лабораторное смещение не стоит затрачиваемых усилий на такой эксперимент – лучше затратить эти усилия на проверку с интервалами, описание которой приводится в ИСО 5725-6. Если повторяемость метода измерений плохая, то практически невозможно достичь высокой степени достоверности при оценке лабораторного смещения.

Значение неопределенности в оценке лабораторного смещения зависит от повторяемости метода измерений и от количества полученных результатов испытаний.

Оценка лабораторного смещения Δ находится из выражения:

$$\Delta = \bar{y}_j - \mu, \quad (11)$$

где μ – принятое (эталонное) значение измеряемой характеристики.

Вариация оценки лабораторного смещения обусловлена разбросом результатов измерений и выражается как стандартное отклонение

$$s_{\Delta} = \frac{s_w}{\sqrt{n}} \quad (12)$$

95 %-ный доверительный интервал для лабораторного смещения может быть рассчитан следующим образом:

$$\Delta - A_w s_r \leq \Delta \leq \Delta + A_w s_r, \quad (13)$$

где A_w – коэффициент, используемый для расчета неопределенности оценки;

$$A_w = \frac{1,96}{\sqrt{n}};$$

где n – количество измерений в серии

S_r – оценка дисперсии повторяемости для числа p участвующих лабораторий рассчитывается следующим образом:

$$S_r = \sqrt{\frac{1}{p} \sum_{i=1}^p S_{wi}^2} \quad (14)$$

где p – количество лабораторий (количество серий)

Расчет дисперсии воспроизводимости:

$$S_R^2 = S_r^2 + S_w^2 \quad (15)$$

Графический анализ совместимости результатов. Используются две меры, носящие название статистик Манделя h и k . Помимо изменчивости метода они помогают оценить лаборатории.

Статистика Манделя для внутрилабораторной совместимости k находится из выражения:

$$k_{ij} = \frac{s_{ij} \sqrt{\rho_j}}{\sqrt{\sum s_{ij}^2}}, \quad (16)$$

где s_{ij} – стандартное отклонение в пределах каждой серии для отдельной лаборатории

ρ_j – количество лабораторий

$$s_{ij} = \sqrt{\frac{1}{n_{ij} - 1} \sum_{k=1}^{n_{ij}} (y_{ijk} - \bar{y}_{ij})^2}, \quad (17)$$

y_{ijk} – результат k -го наблюдения в j -той серии i -той лаборатории;

\bar{y}_{ij} – среднее значение результатов наблюдений в j -той серии

$$\bar{y}_{ij} = \frac{1}{n_{ij}} \sum_{k=1}^{n_{ij}} y_{ijk} \quad (18)$$

n_{ij} – количество наблюдений в серии

Статистики межлабораторной совместимости h для каждой лаборатории определяют посредством деления отклонения:

$$h_{ij} = \frac{\overline{y_{ij}} - \overline{y_j}}{\sqrt{\frac{1}{(p_j - 1)} \sum_{i=1}^{p_j} (\overline{y_{ij}} - \overline{y_j})^2}} \quad (19)$$

p_j – количество лабораторий

При выполнении графического анализа следует нанести их значения на специальные диаграммы (СТБ ИСО 5725-2, В8) в порядке обозначения лабораторий в группах для каждой серии (также можно сгруппировать для всех серий в пределах одной лаборатории) и т.д.

Пример представления результатов измерения:

-дисперсия повторяемости составила: 0,045 мм²

-внутрилабораторная воспроизводимость составила: 0,0514 мм²

-промежуточная прецизионность: 0,08 мм²

-лабораторное смещение:

$$\Delta(1) = 12,685 - 12,3 = 0,385 \text{ мм}$$

$$\Delta(2) = 12,685 - 12,3 = 0,385 \text{ мм}$$

$$\Delta(3) = 12,655 - 12,3 = 0,355 \text{ мм}$$

6. Организация и проведение совместного оценочного эксперимента

6.1 Общие положения

Совместный оценочный эксперимент – межлабораторный эксперимент, в котором показатели работы каждой лаборатории оцениваются с использованием одного и того же стандартного метода измерений на тождественном материале.

Изменчивость между измерениями, осуществляемыми разными операторами и/или с использованием различного оборудования, как правило, будет выше, чем изменчивость между измерениями, выполняемыми в пределах короткого интервала времени одним оператором с использованием одного и того же оборудования. Показателями работы каждой лаборатории являются правильность и прецизионность.

Правильность – близость среднего значения, полученного на основании большой серии результатов испытаний (измерений), к принятому эталонному значению величины. Показатель правильности обычно выражают в терминах смещения. Правильность иногда понимают как «точность среднего значения». Применение данного термина не рекомендуется.

Прецизионность – близость между независимыми результатами измерений (испытаний), полученными при определенных принятых условиях. Прецизионность зависит только от распределения случайных ошибок и не связана ни с истинным значением, ни с заданным значением. Показатель прецизионности обычно выражают в терминах рассеяния и вычисляют как стандартное отклонение результатов измерений (испытаний). Малой прецизионности соответствует большее стандартное отклонение. Условия повторяемости и воспроизводимости являются совокупностями предельных условий, представляющими собой частный случай.



Знание правильности и прецизионности метода измерений позволяет оценить смещение и повторяемость результатов лаборатории и проверять стабильность ее репутации.

Показатели точности (правильность и прецизионность) должны определяться на основании серии результатов измерений, проконтролируемых участвующими в эксперименте лабораториями, с их систематизацией под руководством комиссии специалистов, созданной для

данной цели. Такого рода межлабораторный эксперимент носит название «эксперимента по оценке точности». Эксперимент по оценке точности часто можно рассматривать в качестве практической проверки адекватности стандартного метода измерений. Одной из основных целей стандартизации является устранение различий между пользователями (лабораториями) насколько это возможно, и чтобы данные, полученные в эксперименте, свидетельствовали о том, насколько эффективно данная цель была достигнута. Явные различия во внутрилабораторных расхождениях или между средними значениями по лабораториям могут указывать на то, что стандартный метод измерений еще недостаточно детализирован и по всей вероятности может быть улучшен. Если это так, то об этом необходимо сообщить в орган, ответственный за стандартизацию, вместе с запросом о дальнейшем изучении.

Участвующие лаборатории. Под «лабораторией» следует подразумевать сочетание таких факторов как оператор, оборудование и место испытаний (измерений). Лаборатории для участия в эксперименте должны быть выбраны наугад из числа всех лабораторий, пользующихся методом измерений. Количество участвующих лабораторий определяют по специальным таблицам с использованием коэффициентов, характеризующих соотношение стандартных отклонений воспроизводимости и повторяемости, оценки неопределенности, количества серий и т.д. Выбор количества лабораторий должен быть компромиссом между наличием ресурсов и желанием снизить неопределенность оценок до приемлемого уровня.

Организация совместного оценочного эксперимента осуществляется в общем случае в соответствии с алгоритмом:

- 1) разработка программы эксперимента;
- 2) привлечение лабораторий;
- 3) отбор образцов продукции и рассылка их лабораториям;
- 4) привлечение персонала к участию в эксперименте:

- *комиссии* (состоящей из экспертов), занимающейся планированием и координированием, принятием решений по вопросам количества лабораторий, уровней и измерений, назначением лиц для выполнения статистических и исполнительных функций;

- *инспекторов* (по одному члену из коллективов лабораторий), выполняющих функции обеспечения требуемой квалификации операторов в лабораториях, выдачи проб (образцов), инспектирования измерений, контроля количества и расписания измерений, получения отчета операторов, комментариев и т.д.;

- *операторов*, выполняющих измерения, предоставляющих информацию о любых аномалиях и трудностях в процессе измерений, комментирующих адекватности указаний, содержащихся в стандартах.

Для оценки внутрилабораторных изменчивостей, как правило, применяется критерий Кохрена. Хотя и предполагается, что между лабораториями существуют лишь небольшие различия во внутрилабораторных дисперсиях, тем не менее, опыт показывает, что так дело обстоит не всегда, поэтому в стандарт СТБ ИСО 5725-2 был включен данный критерий.

Расчетное значение критерия Кохрена представляет собой отношение наибольшей из оценок дисперсий к сумме всех найденных оценок дисперсий:

$$C = \frac{S_{\max}^2}{\sum_{i=1}^p S_i^2} \quad (1)$$

где S_{\max} – наибольшее стандартное отклонение в совокупности.

В том случае, если значение статистики меньше или равно своего 5%-ного критического значения, то исследуемая позиция признается корректной.

В том случае, если значение статистики больше своего 5 %-ного критического значения и меньше или равно своего 1 %-ного критического значения, то исследуемой позиции присваивается название разброса и она отмечается одной звездочкой.

В том случае, если значение статистики больше своего 1 %-ного критического значения, то исследуемой позиции присваивается название статистического выброса и она отмечается двумя звездочками. Критические значения для критерия Кохрена представлены в таблице 4 СТБ ИСО 5725-2.

Критерий Граббса

Проверка на один выброс

Для проверки, не является ли выбросом наибольшая величина из x расположенных в порядке возрастания совокупности данных $x_i (i = 1, 2, \dots, p)$, вычисляют статистику Граббса G_p по формуле

$$G_p = (x_p - \bar{x}) / s, \quad (2)$$

где

$$\bar{x} = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p x_i; \quad (3)$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{p-1} \sum_{i=1}^p (x_i - \bar{x})^2}. \quad (4)$$

Для проверки значимости наименьшего результата наблюдения вычисляют тестовую статистику

$$G_1 = (\bar{x} - x_1) / s. \quad (5)$$

В случае, если значение тестовой статистики меньше (или равно) 5 %-ного критического значения, тестируемую позицию признают корректной.

В случае, если значение тестовой статистики больше 5 %-ного критического значения и меньше (или равно) 1 %-ного критического значения, тестируемую позицию называют квазивыбросом и отмечают одной звездочкой.

В случае, если значение тестовой статистики больше 1 %-ного критического значения, тестируемую позицию называют статистическим выбросом и отмечают двумя звездочками.

Оценка правильности метода. Лабораторное смещение измерений $\bar{\Delta}$ может быть рассчитано из выражения:

$$\bar{\Delta} = \bar{y} - \mu, \quad (6)$$

$$\bar{y} = \sum_{i=1}^p \bar{y}_{ij} \quad (7)$$

где \bar{y} – среднее арифметическое значение всех результатов, полученных лабораториями на определенном уровне эксперимента (серии).

μ – принятое эталонное значение.

Смещение метода δ во время проведения эксперимента может быть рассчитано из выражения:

$$\delta = \bar{y}_m - \mu \quad (8)$$

где \bar{y}_m – среднее значение всех результатов измерений, полученных всеми лабораториями на определенном уровне эксперимента (для определенной серии);

Оценка прецизионности метода. Для каждого уровня (серии) рассчитывают три дисперсии: дисперсию повторяемости, дисперсию воспроизводимости и межлабораторную дисперсию.

Дисперсия повторяемости:

$$S_{rj}^2 = \frac{\sum_{i=1}^p (n_{ij} - 1) s_{ij}^2}{\sum_{i=1}^p (n_{ij} - 1)} \quad (9)$$

где n_{ij} – количество лабораторий на данном уровне (так как по каждой лаборатории берется среднее значение одной из серий, то принимаем, что количество измерений n_{ij} равно количеству лабораторий)

Межлабораторная дисперсия:

$$S_{Lj}^2 = \frac{S_{dj}^2 - S_{rj}^2}{n_j} \quad (10)$$

$$\text{где } S_{dj}^2 = \frac{1}{p-1} \sum_{i=1}^p n_{ij} (\bar{y}_{ij} - \bar{y}_j)^2 \quad (11)$$

$\bar{y}_{ij} = \bar{y}$ (из таблицы 1)

$\bar{y}_j = \bar{y}$ (рассчитывается по формуле 2)

p – количество лабораторий

Если из-за случайных эффектов для S_{Lj}^2 из приведенных формул получается отрицательное значение, то допускается, что оно равно нулю.

Дисперсия воспроизводимости:

$$S_{Rj}^2 = S_{rj}^2 + S_{Lj}^2 \quad (12)$$

Находим пределы повторяемости и воспроизводимости:

$$r = 2,8 \sigma_r \quad (13)$$

$$R = 2,8 \sigma_R \quad (14)$$

σ_r - стандартное отклонение повторяемости

σ_R - стандартное отклонение воспроизводимости

Графический анализ совместимости результатов. Используются две меры, носящие название статистик Манделя h и k . Помимо изменчивости метода они помогают оценить лаборатории.

Статистика Манделя для внутрилабораторной совместимости k находится из выражения:

$$k_{ij} = \frac{S_{ij} \sqrt{\rho_j}}{\sqrt{\sum S_{ij}^2}}, \quad (15)$$

где S_{ij} – стандартное отклонение в пределах каждой серии для отдельной лаборатории

ρ_j – количество лабораторий

$$S_{ij} = \sqrt{\frac{1}{n_{ij} - 1} \sum_{k=1}^{n_{ij}} (y_{ijk} - \bar{y}_{ij})^2}, \quad (16)$$

y_{ijk} – результат k -го наблюдения в j -той серии i -той лаборатории;

\bar{y}_{ij} – среднее значение результатов наблюдений в j -той серии

$$\bar{y}_{ij} = \frac{1}{n_{ij}} \sum_{k=1}^{n_{ij}} y_{ijk} \quad (17)$$

n_{ij} – количество наблюдений в серии

Статистики межлабораторной совместимости h для каждой лаборатории определяют посредством деления отклонения:

$$h_{ij} = \frac{\overline{y_{ij}} - \overline{y_j}}{\sqrt{\frac{1}{(\rho_j - 1)} \sum_{i=1}^{\rho_j} (\overline{y_{ij}} - \overline{y_j})^2}} \quad (18)$$

ρ_j - количество лабораторий

При выполнении графического анализа следует нанести их значения на специальные диаграммы (СТБ ИСО 5725-2, В8) в порядке обозначения лабораторий в группах для каждой серии (также можно сгруппировать для всех серий в пределах одной лаборатории) и т.д.

Пример представления результатов измерения:

-дисперсия повторяемости составила: 0,011 мм²

-межлабораторная дисперсия составила: 0,011 мм²

-дисперсия воспроизводимости составила: 0,022 мм²

-промежуточная прецизионность: 0,08 мм²

-лабораторное смещение:

$$\Delta(1) = 12,685 - 12,3 = 0,385 \text{ мм}$$

$$\Delta(2) = 12,685 - 12,3 = 0,385 \text{ мм}$$

$$\Delta(3) = 12,655 - 12,3 = 0,355 \text{ мм}$$

-смещение метода: $\delta = 12,506 - 12,3 = 0,206 \text{ мм}$

-межлабораторное смещение: $\overline{\Delta} = 12,675 - 12,3 = 0,375 \text{ мм}$

7. Сравнение альтернативных методов измерений

7.1 Общие положения

Показатели прецизионности и правильности могут найти практическое применение в следующих случаях:

1) *проверка приемлемости результатов измерений (испытаний)* – в технических условиях на изделиях может содержаться требование к проведению повторных измерений, которые должны быть выполнены в условиях повторяемости. Стандартное отклонение повторяемости может быть использовано при данных обстоятельствах для проверки приемлемости результатов измерений (испытаний), и чтобы решить, какое действие

необходимо предпринять в том случае, если они неприемлемы. В том случае, когда и поставщик и покупатель подвергают измерению один и тот же материал, и их результаты различаются между собой, стандартные отклонения повторяемости и воспроизводимости могут быть использованы для принятия решения в том случае, если разность будет величиной, которая ожидается для данного метода измерений;

2) *стабильность результатов измерений (испытаний) в пределах лаборатории* – благодаря выполнению регулярных измерений на эталонных материалах лаборатория может проверять стабильность своих результатов и получать доказательство для подтверждения своей компетентности как в отношении смещения, так и повторяемости своих измерений (испытаний);

3) *оценка работы лаборатории* – знание правильности и прецизионности метода измерений позволяет оценить смещение и повторяемость результатов лаборатории-кандидата, либо посредством использования эталонных материалов, либо на основании межлабораторного эксперимента;

4) *сопоставление альтернативных методов измерений* – могут существовать два метода измерений для определения одной и той же характеристики, один из которых проще и дешевле другого, но реже применяется. Значения правильности и прецизионности могут быть использованы для оправдания применения более дешевого метода для некоторого ограниченного диапазона материалов.

Происхождение альтернативных методов измерений.

Международным стандартным методом измерений является метод измерений, который был стандартизован в целях обеспечения его соответствия различным требованиям. Эти требования включают:

а) метод должен применяться для определения широкого диапазона характеристик и к широкому диапазону материалов, которые существуют на международном рынке. Например, метод для определения полного

содержания железа в железосодержащих рудах должен быть применим к большинству руд, которые имеются на международном рынке;

б) оборудование, необходимые материалы и персонал должны быть доступны на международном уровне;

в) стоимость проведения измерений должна быть приемлемой;

г) правильность и прецизионность метода измерений должна быть приемлема для конечного пользователя результатами.

Обычно такие методы построены на компромиссных решениях и могут быть очень громоздкими для использования их в повседневной работе. Отдельная лаборатория может посчитать использование более простого метода достаточным для выполняемых ею работ. Например, в том случае, когда большинство материалов, подлежащих измерению, поступают из одного и того же источника и разброс в их характеристиках относительно невелик, может быть использован более простой и дешевый метод.

В отдельных регионах некоторым методам измерений может отдаваться предпочтение по историческим причинам. В этом случае может быть желательным использование альтернативного международного стандартного метода.

Процедура сравнения базируется на результатах, полученных в отношении одного образца. При сравнении правильности и прецизионности двух методов измерений настоятельно рекомендуется использовать несколько испытываемых образцов.

Цель сравнения методов измерений. Существует процедура сравнения прецизионности и правильности двух методов измерений, один из которых (метод А) может иметь статус международного стандартного метода, или являться главным претендентом на получение такого статуса. Данная процедура устанавливает только то, имеют ли два метода разные показатели прецизионности и/или правильности. Она ни в коем случае не указывает на преимущество использования одного из двух методов в решении конкретных практических задач. Такое решение должно

приниматься с учетом других факторов, т.е. стоимости работ, наличия оборудования и т.д.

Положения, установленные в 8.2 СТБ ИСО 5725, применяются для решения следующих вопросов:

а) Иногда при разработке международного стандартного метода перед техническими комитетами встает такая проблема как выбор одного из методов для придания ему статуса международного. При этом в качестве критерия отбора используются показатели прецизионности и правильности метода измерений.

б) Иногда выясняется, что необходимо разработать альтернативный стандартный метод. Метод-претендент должен быть таким же точным, как и первый стандартный метод. Рассматриваемая в данном разделе процедура сравнения поможет определить удовлетворяет ли метод-претендент установленным требованиям.

в) В некоторые лаборатории большинство образцов, подлежащих измерению, поступает из одного источника. В основном эти образцы имеют схожий состав. В данном случае повседневное использование международного стандартного метода является экономически нецелесообразным. С учетом этого для данной лаборатории предпочтительней бы было использовать в повседневной практике более простой метод. Такой метод должен обеспечивать получение результатов с такой же прецизионностью и правильностью, как существующий международный стандартный метод.

Пусть метод В является претендентом на статус альтернативного стандартного метода. Сравнение метода А и В проводится на основе результатов эксперимента по оценке прецизионности. Если метод А является общепризнанным стандартным методом, то его показатель прецизионности может быть использован в качестве базового для целей сравнения. Если метод А сам находится на стадии утверждения его как стандартного, то для него также необходимо провести эксперимент по оценке прецизионности.

Оба эксперимента по оценке прецизионности должны проводиться в соответствии с ИСО 5725-2.

Цели эксперимента являются следующими:

а) Определить, является ли прецизионность метода В такой же, как метода А. Результаты эксперимента должны обеспечить возможность определения того, является ли отношение мер прецизионности двух методов больше установленного значения.

б) Определить, является ли правильность метода В равной правильности метода А. Это определяется по тому, является ли статистически незначимой:

- либо разница между общими средними значениями результатов эксперимента по оценке прецизионности, полученных в отношении идентичного образца для обоих методов;

- либо разница между сертифицированным значением характеристики эталонного материала и общего среднего значения результатов испытаний, полученных в ходе эксперимента по оценке прецизионности в отношении метода Б с использованием сертифицированного эталонного материала в качестве объекта испытаний.

Кроме этого, должно быть установлено, является ли разность между ожидаемыми значениями результатов испытаний двух методов или между ожидаемыми результатами каждого метода и сертифицированным значением больше, чем заданное значение.

Количество лабораторий и количество необходимых измерений в каждой лаборатории, требуемое условиями проведения программы межлабораторных исследований для обоих методов, зависит от:

а) прецизионности двух методов;

б) обнаруживаемого значения отношения ρ или ϕ между показателями прецизионности двух методов; оно является минимальным значением отношения показателей прецизионности, которое исследователь желает определить с высокой степенью вероятности на основании результатов

эксперимента, полученных с использованием двух методов; прецизионность может выражаться как в форме стандартного отклонения повторяемости (в этом случае отношение обозначается ρ), так и в форме квадратного корня из межлабораторных средних квадратов (в этом случае отношение обозначается ϕ);

в) обнаруживаемого значения разности между смещениями двух методов λ ; оно является минимальным значением разности между ожидаемыми значениями результатов, получаемых с использованием двух методов.

Для сравнения оценок прецизионности рекомендуется использовать уровень значимости $\alpha = 0,05$. Риск не обнаружить выбранное минимальное значение отношения стандартных отклонений либо минимальное значение разности между смещениями устанавливается $\beta = 0,05$.

Следующая формула может быть использована для обнаруживаемого значения разности с указанными значениями α и β :

$$\lambda = 4\sqrt{(\sigma_{LA}^2 + \sigma_{rA}^2 / n_A) / p_A + (\sigma_{LB}^2 + \sigma_{rB}^2 / n_B) / p_B} \quad (1)$$

где λ – обнаруживаемая разность между двумя лабораторными смещениями или смещениями двух методов измерений;

σ – истинное значение стандартного отклонения;

L – межлабораторный;

r – повторяемость;

n – количество результатов измерений, полученных в одной лаборатории на одном уровне (в одной серии);

p – количество лабораторий, принимающих участие в межлабораторном эксперименте;

– индексы A и B обозначают принадлежность к методу A и методу B соответственно.

В большинстве случаев прецизионность метода В неизвестна. В этом случае использование значения прецизионности метода А в качестве замены дает:

$$\lambda = 4\sqrt{(\sigma_{LA}^2 + \sigma_{rA}^2/n_A)/p_A + (\sigma_{LA}^2 + \sigma_{rA}^2/n_B)/p_B} . \quad (2)$$

p – Количество методов

n_A, n_B – количество измерений в методе

Исследователь должен попробовать производить замену значений параметров n_A, n_B, ρ_A и ρ_B в формуле (1) или (2) до тех пор, пока не будут найдены достаточно большие значения, чтобы удовлетворять уравнению. Следует учитывать полученные значения таких параметров, которые требуются для проведения адекватного эксперимента с целью сравнения оценок прецизионности. В СТБ ИСО 5725-6 приведены значения минимальных отношений стандартных отклонений для заданных значений α и β в зависимости от степеней свободы ν_A и ν_B . Для стандартных отклонений повторяемости: $\nu_A = \rho_A(n_A - 1)$ и $\nu_B = \rho_B(n_B - 1)$. Для межлабораторных средних квадратов: $\nu_A = \rho_A - 1$ и $\nu_B = \rho_B - 1$.

Участвующие лаборатории должны выделить из числа персонала сотрудника, ответственного за организацию выполнения инструкций, координатора эксперимента. Такой сотрудник должно быть квалифицированным аналитиком. Не следует привлекать к исследованиям чрезвычайно квалифицированных работников (т.е. лиц, занимающихся чисто исследовательской деятельностью или "самых лучших" операторов) для того, чтобы предотвратить получение неправдоподобно низких оценок стандартного отклонения метода. Лица, назначенные для проведения исследований, должны выполнять требуемое количество измерений в условиях повторяемости. Лаборатория несет ответственность за своевременное представление результатов, координатору

эксперимента. Значения $\rho(v_A, v_B, \alpha, \beta)$ или $\phi(v_A, v_B, \alpha, \beta)$ для $\alpha = 0,05$ и $\beta = 0,05$ приведены в СТБ ИСО 5725-2.

$$\rho = \frac{\sigma_{rB}}{\sigma_{rA}}; \quad v_A = p_A(n_A - 1); \quad v_B = p_B(n_B - 1).$$

$$2 \phi = \sqrt{\left[\frac{n_B \sigma_{LB}^2 + \sigma_{rB}^2}{n_A \sigma_{LA}^2 + \sigma_{rA}^2} \right]}; \quad v_A = p_A - 1; \quad v_B = p_B - 1.$$

Сбор результатов измерений. Координатор является ответственным за сбор результатов испытаний в течение установленного периода времени. Его/ее обязанностью является также тщательное исследование результатов испытаний на предмет физических отклонений. Это такие результаты испытаний, которые из-за объяснимых физических причин не принадлежат такому же распределению, как другие результаты испытаний.

Оценка результатов измерений (испытаний). Результаты испытаний должны анализироваться квалифицированными специалистами по статистике с использованием процедур, изложенных в ИСО 5725-2. В отношении каждого образца должны быть рассчитаны следующие величины: S_{rA} - оценка стандартного отклонения повторяемости для метода А; S_{rB} - оценка стандартного отклонения повторяемости для метода В; S_{RA} - оценка стандартного отклонения воспроизводимости для метода А; S_{RB} - оценка стандартного отклонения воспроизводимости для метода В; \bar{y}_A - общее среднее значение для метода А; \bar{y}_B - общее среднее значение для метода В.

Сравнение результатов, полученных с использованием метода А и метода В. Сравнение результатов программ межлабораторных испытаний должно проводиться на каждом уровне. Возможна такая ситуация, что метод В будет иметь лучшую прецизионность и/или обладать большим смещением на низких уровнях, худшую прецизионность и/или обладать меньшим смещением на более высоких уровнях или наоборот характеристики.

Графическое представление результатов. Желательно графически представлять необработанные результаты испытаний по каждой серии.

Иногда разность между результатами двух методов, выраженная в терминах прецизионности и/или смещения, дает настолько очевидна, что статистическая обработка не нужна.

Также желательно иметь графическое представление значений прецизионности и общих средних по всем уровням

Сравнение прецизионности. Метод А является установленным стандартным методом измерений. Прецизионность метода А достаточно хорошо установлена.

а) Внутрिलाбораторная прецизионность.

$$\text{Если } \frac{S_{rB}^2}{\sigma_{rA}^2} \leq \frac{\chi_{(1-\alpha)}^2(v_{rB})}{V_{rB}}, \quad (3)$$

σ -используется в том случае, если методика уже отработана, т.е метод стандартизован, S - используется в том случае, если метод претендует на статус стандартного (используется впервые)то нет оснований полагать, что прецизионность метода В хуже прецизионности метода А;

$$\text{Если } \frac{S_{rB}^2}{\sigma_{rA}^2} > \frac{\chi_{(1-\alpha)}^2(v_{rB})}{V_{rB}}, \quad (4)$$

то есть основание полагать, что прецизионность метода Б хуже прецизионности метода А.

$\chi_{(1-\alpha)}^2(v_{rB})$ является $(1-\alpha)$ - квантилем распределения χ^2 с V_{rB} степенями свободы, и $v_{rB} = p_B(n_B - 1)$.

б) Общая прецизионность

$$\text{Если } \frac{S_{RB}^2 - (1-1/n_B)S_{rB}^2}{\sigma_{RA}^2 - (1-1/n_B)\sigma_{rA}^2} \leq \frac{\chi_{(1-\alpha)}^2(V_{LB})}{V_{LB}}, \quad (5)$$

то нет оснований полагать, что средний квадрат метода Б хуже среднего квадрата метода А;

$$\text{если } \frac{S_{RB}^2 - (1-1/n_B)S_{rB}^2}{\sigma_{RA}^2 - (1-1/n_B)\sigma_{rA}^2} > \frac{\chi_{(1-\alpha)}^2(V_{LB})}{V_{LB}}, \quad (6)$$

то есть основания полагать, что средний квадрат метода Б хуже среднего квадрата метода А.

$\chi^2_{(1-\alpha)}(v_{LB})$ является $(1-\alpha)$ -квантилем распределения χ^2 с v_{LB} степенями свободы, и $v_{LB} = p_B - 1$.

Оба метода претендуют на статус стандартных

а) Внутрилабораторная прецизионность

$$F_r = \frac{s_{rB}^2}{s_{rA}^2}. \quad (7)$$

$$\text{Если } F_{\alpha/2}(v_{rB}, v_{rA}) \leq F_r \leq F_{(1-\alpha/2)}(v_{rB}, v_{rA}), \quad (8)$$

то нет оснований полагать, что методы имеют различную внутрилабораторную прецизионность;

$$\text{если } F_r < F_{\alpha/2}(v_{rB}, v_{rA}),$$

то есть основание полагать, что метод В имеет лучшую внутрилабораторную прецизионность, чем метод А;

$$\text{если } F_r > F_{\alpha/2}(v_{rB}, v_{rA}),$$

то есть основание полагать, что метод В имеет худшую внутрилабораторную прецизионность, чем метод А.

$F_{\alpha/2}(v_{rB}, v_{rA})$ и $F_{(1-\alpha/2)}(v_{rB}, v_{rA})$ являются $\alpha/2$ и $(1 - \alpha/2)$ - квантилями F -распределения со степенями свободы числителя v_{rB} и знаменателя v_{rA}

$$v_{rB} = p_B(n_B - 1)$$

$$v_{rA} = p_A(n_A - 1)$$

б) Общая прецизионность

$$F_R = \frac{s_{RB}^2 - (1 - 1/n_B)s_{rB}^2}{s_{RA}^2 - (1 - 1/n_A)s_{rA}^2} \quad (9)$$

$$\text{Если } F_{\alpha/2}(v_{RB}, v_{RA}) \leq F_R \leq F_{(1-\alpha/2)}(v_{RB}, v_{RA}), \quad (10)$$

то нет основания полагать, что методы имеют различную межлабораторную прецизионность;

$$\text{если } F_R < F_{\alpha/2}(v_{RB}, v_{RA}),$$

то есть основания полагать, что метод Б имеет лучшую общую прецизионность, чем метод А;

если $F_R > F_{(1-\alpha/2)}(v_{RB}, v_{RA})$,

то есть основания полагать, что метод Б имеет худшую общую прецизионность чем метод А.

$F_{\alpha/2}(v_{RB}, v_{RA})$ и $F_{(1-\alpha/2)}(v_{RB}, v_{RA})$ являются $a/2$ - и $(1 - a/2)$ -квантилями F - распределения со степенями свободы числителя v_{RB} и знаменателя v_{RA} , и

$$v_{LA} = p_A - 1; v_{LB} = p_B - 1.$$

Почти во всех таблицах указаны только $(1 - a/2)$ - квантили F - распределения. В этом случае для нахождения $a/2$ -квантилей могут быть использованы следующие соотношения:

$$F_{\alpha/2}(v_{rB}, v_{rA}) = 1 / F_{(1-\alpha/2)}(v_{rA}, v_{rB})$$

$$F_{\alpha/2}(v_{RB}, v_{RA}) = 1 / F_{(1-\alpha/2)}(v_{RA}, v_{RB}).$$

Сравнение правильности. Сравнение среднего значения с сертифицированным значением RM . Общее среднее значение результатов каждого метода может сравниваться с сертифицированным значением RM , используемого в качестве испытываемого материала. Может быть использована следующая проверка:

$$\text{а) если } \left| \mu - \bar{y} \right| \leq 2\sqrt{[s_{RB}^2 - (1 - 1/n_B)s_{rB}^2] / p_B}, \quad (11)$$

то разность между общим средним значением результатов, полученных с использованием данного метода, и сертифицированным значением стати

$$\text{б) если } \left| \mu - \bar{y} \right| > 2\sqrt{[s_{RB}^2 - (1 - 1/n_B)s_{rB}^2] / p_B}, \quad (12)$$

то разность между общим средним значением результатов, полученных с использованием данного метода, и сертифицированным значением статистически значима.

Существует два варианта:

$$1) \text{ если } \left| \mu - \bar{y} \right| \leq \delta_m / 2, \quad (13)$$

то нет оснований полагать, что метод измерений имеет неприемлемое смещение; или

$$2) \text{ если } \left| \mu - \bar{y} \right| > \delta_m / 2, \quad (14)$$

то есть основания полагать, что метод измерений имеет неприемлемое смещение. δ_m является минимальным значением разности между ожидаемым значением результатов, полученными с использованием данного метода, и сертифицированным значением RM , которое исследователь хочет обнаружить с высокой степенью вероятности на основании результатов эксперимента.

Сравнение между средними значениями, полученными для метода А и метода В:

$$\text{а) если } \left| \frac{\bar{y}_A - \bar{y}_B}{s} \right| \leq 2,0, \quad (15)$$

то разница между средними значениями метода А и метода В статистически незначима;

$$\text{б) если } \left| \frac{\bar{y}_A - \bar{y}_B}{s} \right| > 2,0, \quad (16)$$

то разница между средними значениями метода А и метода В статистически значима;

$$\text{где } s = \sqrt{s_A^2 + s_B^2};$$

$$s_A^2 = [s_{RA}^2 - (1 - 1/n_A)s_{rA}^2] / p_A. \quad (17)$$

$$s_B^2 = [s_{RB}^2 - (1 - 1/n_B)s_{rB}^2] / p_B.$$

Возможны два варианта:

$$1) \text{ если } \left| \bar{y}_A - \bar{y}_B \right| \leq \lambda / 2, \quad (18)$$

то нет основания полагать, что разность между смещениями методов неприемлема;

$$2) \text{ если } \left| \bar{y}_A - \bar{y}_B \right| > \lambda / 2, \quad (19)$$

то есть основания полагать, что разность между смещениями методов неприемлема;

где λ является обнаруживаемым значением разности между смещениями.

Находим пределы повторяемости и воспроизводимости:

$$R=2,8\sigma_R \quad (20)$$

$$r=2,8\sigma_r \quad (21)$$

где σ_R - стандартное отклонения воспроизводимости

σ_r - стандартное отклонение повторяемости

8. Внутрिलाбораторное исследование и анализ промежуточных показателей прецизионности

Простейший подход оценки стандартного отклонения в промежуточных условиях прецизионности внутри одной лаборатории состоит в том, чтобы взять один образец (или при разрушающем контроле один набор возможно сходных образцов) и провести серии с n измерениями с измерениями фактора(ов) между каждым измерением. Рекомендуется, чтобы n было равно по крайней мере 15. Лабораторию не всегда может удовлетворить такое условие и этот метод оценки промежуточных показателей прецизионности внутри лаборатории не может быть признан эффективным по сравнению с другими процедурами. Анализ прост, однако и он может быть полезен для изучения прецизионности в промежуточных условиях с изменяющимся фактором «время» путем проведения измерений на одном образце в последовательные дни или для изучения эффектов от фактора «калибровка» между измерениями.

Оценка промежуточного стандартного отклонения прецизионности с изменяющимися М-факторами производится по формуле:

$$s_{l0} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (y_k - \bar{y})^2},$$

где в скобках должны указываться символы, обозначающие промежуточные условия прецизионности;

y_k – k -тый результат испытаний;

n – количество повторных результатов испытаний;

\bar{y} – среднее значение n результатов испытаний.

Альтернативный метод рассматривает t групп измерений, каждая из которых включает n повторных результатов испытаний. Каждая группа n результатов испытаний будет получена по одному идентичному образцу (или набору предположительно идентичных образцов в случае разрушающего контроля), но при этом не требуется, чтобы материалы были идентичны. Требуется только, чтобы все t материалы принадлежали интервалу уровней испытаний, внутри которого можно применить одно значение промежуточного стандартного отклонения прецизионности с M изменяющимся(ися) фактором(ами). Рекомендуется, чтобы значение $t(n - 1)$ было по крайней мере 15. Оценка промежуточного стандартного отклонения прецизионности с изменяющимися M -факторами производится по формуле:

$$s_{I0} = \sqrt{\frac{1}{t(n-1)} \sum_{j=1}^k \sum_{k=1}^n (y_{jk} - \bar{y}_j)^2},$$

Оценка промежуточных показателей прецизионности при межлабораторных исследованиях основывается на допущении, что действие определенного фактора одинаково во всех лабораториях. Если это допущение нарушено, то понятие промежуточных показателей прецизионности не имеет смысла. Особое внимание должно быть уделено выбросам (их исключение необязательно), так как это поможет при определении отклонения от допущений, необходимых объединения информации от всех лабораторий. Схематически планы экспериментов с полной ступенчатой группировкой на определенном уровне испытаний, а также их дисперсионный анализ с применением методов ANOVA приведены в СТБ ИСО5725-3.

9 Проверка лаборатории на качество проведения испытаний

9.1 Типы программ проверки квалификации лабораторий

Постоянная уверенность в компетентности лабораторий важна не только для самих лабораторий и их клиентов, но и других заинтересованных сторон, таких как органы по аккредитации лабораторий и др. Стандарт **ISO/IEC 17043** определяет общие требования к компетентности субъектов, разрабатывающих схемы (программы) профессионального тестирования, к разработке и использованию этих программ. Квалификационное тестирование предусматривают межлабораторные сравнительные испытания для определения качества работы лаборатории, а точнее, для оценки ее текущей компетентности. Лаборатории демонстрируют свою компетентность, выполняя требования **ISO/IEC 17025**, а дополнительная уверенность в результатах достигается за счет участия в межлабораторных сравнительных испытаниях, проводимых специальным координатором профессионального тестирования в соответствии с **ISO/IEC 17043**. Данный международный стандарт касается управления, планирования, создания, комплектации персоналом организации, осуществляющей профессиональное тестирование. В дополнение к требованиям по разработке и применению профессионального тестирования, документ содержит информативные приложения по следующим вопросам: типичные виды программ профессионального тестирования; статистические методы, которые могут применяться в таких случаях; выбор и использование программ профессионального тестирования лабораториями, органами по аккредитации, регулирующими органами и другими заинтересованными сторонами.

Межлабораторные сличения – организация, проведение и оценка испытаний на одинаковых или подобных контрольных образцах двумя или более лабораториями в соответствии с заданными условиями. В некоторых случаях одной из лабораторий, задействованных во взаимном сличении,

может быть лаборатория, которая обеспечивает для контрольного образца приписанное значение.

Эталонная лаборатория – лаборатория, которая обеспечивает приписанное (эталонное) значения контрольного образца (например, национальная поверочная лаборатория).

Приписанное значение – значение, приписанное конкретной величине и для которого принято, иногда на основе соглашения, что его неопределенность соответствует заданной цели.

Прослеживаемость – свойство результата измерения или значение эталона, заключающееся в возможности установления его связи с соответствующими эталонами, обычно национальными или международными, посредством непрерывной цепи сличений, имеющих установленные неопределенности

Координатор – одно или несколько лиц, осуществляющих организацию и управление всеми видами деятельности, связанными с реализацией программы проверки квалификации.

Эти методы приписывают меньший вес экстремальным результатам, а не исключают их из совокупности значений.

Провайдер проверки квалификации – организация, которая несет ответственность за все задачи по разработке и выполнению программы проверки квалификации.

Межлабораторные сличения проводятся для различных целей и могут применяться участвующими в них лабораториями и другими сторонами для:

- определения способности отдельных лабораторий проводить специальные испытания или измерения и для дальнейшего контроля способности лабораторий проводить испытания;

- выявления в лабораториях проблем и инициирования проведения корректирующих воздействий, что может быть связано, например, со способностью отдельных сотрудников проводить испытания или поверку (калибровкой) аппаратуры;

- установления эффективности и сравнимости новых методов испытаний или измерений и подобным образом использования их для контроля принятых методов;
- обеспечения дополнительного доверия у заказчиков лаборатории;
- выявления различий между лабораториями;
- определения характеристик метода, отражающих способность проводить испытания – часто известных как совместные испытания;
- приписывания значений стандартным образцам и оценки их пригодности для использования в методиках специальных испытаний или измерений.

Проверка качества проведения испытаний – это использование межлабораторных сличений для определения способности лаборатории проводить испытания или измерения. Однако при реализации программ проверки на качество проведения испытаний зачастую, кроме того, может обеспечиваться информация для других целей, перечисленных выше.

В результате участия лабораторий в программах проверки на качество проведения испытаний они обеспечиваются объективными средствами для выполнения оценки и демонстрации надежности данных, которые они получают. Одним из основных применений программ проверки на качество проведения испытаний является оценка способности лаборатории компетентно проводить испытания. Сюда может относиться оценка самими лабораториями, их заказчиками или другими сторонами, такими как органы по аккредитации или регламентирующие органы. Данный подход дополняет собственные методики лабораторий для проведения внутрилабораторного контроля качества, обеспечивая дополнительную внешнюю оценку их способности проводить испытания. Подобная деятельность, кроме того, дополняет методику оценки лаборатории на месте техническими специалистами (обычно применяется органами по аккредитации лабораторий). Доверие к тому, что результаты испытательной или поверочной (калибровочной) лаборатории надежны и непротиворечивы,

имеет важное значение для заказчиков, пользующихся услугами лаборатории. Пользователи, которые хотят получить такую гарантию, могут предпринять свою собственную оценку результатов или могут использовать оценку других органов.

Характеристики функционирования результатов участников проверок квалификаций определяются на основании анализа полученных данных и применения статистических методов, изложенных в ISO/IEC 17043 и ISO 13528. ISO 13528 является дополнением к ISO/IEC 17043 и обеспечивает детальное руководство по применению статистических методов при проверках квалификации лабораторий. По результатам проверки квалификации каждая лаборатория получает числовой индикатор своей компетентности – характеристику функционирования. В большинстве случаев, характеристика функционирования численно отражает отклонение результата измерений участника от приписанного значения с учетом допускаемой или приемлемой точности измерений. Поэтому очень важными и ответственными этапами являются установление приписанного значения и точности измерений (выражается в виде стандартного отклонения для оценки квалификации), определяющими основу (базу), с которой будут сравниваться результаты измерений участников.

ISO/IEC 17043 рекомендует использовать следующие способы установления приписанного значения и связанной с ним неопределенности:

- согласно процедуре приготовления;
- как сертифицированное значение;
- как значение, приписанное стандартному образцу;
- как согласованное значение от эталонных лабораторий;
- как согласованное значение от участников.

В двух последних случаях приписанное значение рассчитывается, как правило, с применением алгоритмов робастного анализа данных, например, как робастное среднее по ISO 13528, или как медиана, согласно положений

гармонизированного протокола IUPAC для проверок квалификации в химических аналитических лабораториях

В качестве стандартного отклонения для оценки квалификации международные документы рекомендуют использовать:

- установленное значение (например, законодательством);
- заданное значение (в соответствии с целью проверки квалификации);
- из основной модели для воспроизводимости метода испытаний;
- из результатов прецизионного эксперимента;
- согласованное значение от участников.

В последнем случае рекомендуется использовать алгоритм робастного анализа данных, например, алгоритм А вычисления робастного стандартного отклонения в соответствии с ISO 13528.

Статистики функционирования, отражающие качество функционирования участвующей лаборатории при выполнении определенного вида измерений (испытаний, анализа и контроля), выбираются в зависимости от области измерений, методов измерений/испытаний и доступной информации об измеряемом объекте и измеряемой величине.

Статистика функционирования рассчитывается по результату измерений конкретного участника, который он заявил для измеряемой величины. Заключение об удовлетворительном значении статистики функционирования, и, следовательно, о корректности проведенных участником измерений/испытаний, делается по результатам сравнения значения статистики функционирования со своим критическим значением при заданном уровне доверия. Если значение статистики функционирования не превысило своего критического значения, то ее рассматривают удовлетворительной и делают заключение о приемлемом функционировании участника при измерении заданной величины по применяемому методу измерений в рамках данного тура проверки квалификации.

Несмотря на то, что многие органы по аккредитации лабораторий реализуют свои собственные программы проверки на качество проведения испытаний, значительное количество таких органов используют также программы проверки на качество проведения испытаний или другие формы межлабораторных сличений, реализованные другими органами. Цель стандарта **ГОСТ ИСО/МЭК 43-2** состоит в том, чтобы дать гармонизированные принципы выбора соответствующих межлабораторных сличений для применения их органами по аккредитации лабораторий как программ проверки на качество проведения испытаний.

Проверка лаборатории на качество проведения испытаний употребляется в его самом широком значении и включает, например:

- программы по определению качественного состава, например, когда лабораториям требуется определить компонент испытываемого образца;

- проверки на преобразование данных, например, когда лаборатории снабжаются наборами данных и требуется обработать эти данные, чтобы обеспечить дополнительную информацию;

- испытания одиночного образца, когда один образец последовательно посылается в ряд лабораторий и возвращается организатору через определенные промежутки времени;

- одноразовые проверки, когда лаборатории снабжаются испытываемым образцом на один раз;

- постоянно действующие программы, когда лаборатории снабжаются испытываемыми образцами через регулярные промежутки времени постоянно;

- отбор проб, например, когда требуется, чтобы отдельные лица или организации отбирали пробы для последующего анализа.

Методики проверки на качество проведения испытаний изменяются в зависимости от природы испытываемого образца, используемого метода и количества участвующих лабораторий. В большинстве из них присутствует общий подход, заключающийся в сличении результатов, полученных в одной

лаборатории с результатами, полученными в другой или в нескольких других лабораториях. В некоторых программах одна из участвующих лабораторий может выполнять функцию контроля, координации или выдавать эталонные значения.

Общеизвестными являются следующие типы программ проверки на качество проведения испытаний:

- программы сличения измерений;
- программы межлабораторных испытаний;
- программы испытаний распределенной пробы;
- программы испытаний качественных характеристик;
- программы с известным значением;
- программы части процесса.

Программы сличения измерений. Программы сличения измерений представляют собой процедуру, по которой измеряемый или калибруемый образец последовательно рассылается от одной участвующей лаборатории в другую.

Особенности таких программ обычно заключаются в следующем.

1) Приписанные значения для контрольного образца обеспечиваются эталонной лабораторией, которая, возможно, является в данной стране высшим органом по данным измерениям. Может быть необходимым проверять контрольный образец на отдельных стадиях во время выполнения проверки на качество проведения испытаний. Это необходимо для гарантии того, что не произошло значительных изменений приписанного значения в ходе проверки на качество проведения испытаний.

2) Для завершения программ, включающих последовательное участие, требуется время (в некоторых случаях несколько лет). Это вызывает целый ряд трудностей, как например: обеспечение стабильности образца; строгий контроль за его перемещением и временем, отводимым на измерение отдельными участниками; необходимость обеспечить обратную связь между отдельным исполнителем и лабораториями во время реализации программы,

а не ожидать, пока она завершится. Кроме того, может оказаться, что трудно сравнивать результаты на групповой основе, так как, возможно, имеется сравнительно мало лабораторий, средства измерений которых достаточно точно соответствуют друг другу.

с) Результаты отдельных измерений сличают с эталонным значением, установленным эталонной лабораторией. Координатору следует учитывать заявленную неопределенность измерения каждой участвующей лаборатории.

К примерам образцов (искусственных объектов измерения), используемых в данном типе проверки на качество проведения испытаний, относятся исходные эталоны (напр., резисторы, меры и средства измерений).

Программы межлабораторных испытаний. В программах межлабораторных испытаний применяются пробы, отобранные из источника материала случайным образом и распределяемые одновременно между участвующими лабораториями для проведения параллельных испытаний. Иногда эта методика используется также для программ межлабораторных измерений. После завершения испытаний результаты возвращают в координирующий орган и сличают с приписанным(и) значением(ями) для составления характеристики отдельных лабораторий и группы в целом.

К примерам контрольных образцов, используемых в данном типе проверки на качество проведения испытаний, относятся пищевые продукты, жидкости, вода, почва и другие вещества окружающей среды. В некоторых случаях рассылаются отдельные порции ранее созданных эталонных материалов.

Важно, чтобы партия контрольных образцов, обеспечиваемая участникам в каждом цикле испытаний, была достаточно однородной для того, чтобы любые результаты, позже идентифицированные как экстремальные, не приписывались никакой существенной изменчивости испытываемого образца.

Программы типа межлабораторных испытаний обычно используются органами по аккредитации, регламентирующими органами и другими организациями, когда они применяют программы в области испытаний.

Одной общей программой межлабораторных испытаний является программа «расщепленного уровня», когда подобные (но не идентичные) уровни измеряемой величины включаются в два отдельных контрольных образца. Эта программа используется для оценки лабораторной прецизионности на конкретном уровне измеряемой величины. Это позволяет избежать проблем, связанных с повторными измерениями на том же самом контрольном образце или с включением двух идентичных контрольных образцов в один и тот же цикл проверки на качество проведения испытаний.

Программы испытаний распределенной пробы. Одним специальным видом проверки на качество проведения испытаний, который часто используется заказчиками лабораторий, в том числе и некоторыми регламентирующими органами, является методика испытаний распределенной пробы. Обычно испытания распределенной пробы включают сличения данных, полученных малыми группами лабораторий (часто только двумя лабораториями), которые оцениваются как потенциальные поставщики услуг по испытаниям или продолжающие оказывать эти услуги.

Подобные взаимные сличения регулярно проводятся в коммерческих операциях, когда пробы, представляющие товары для продажи, распределяются между лабораторией, представляющей поставщика и лабораторией, представляющей покупателя. Дополнительная проба оставляется для проведения испытаний лабораторией третьей стороны, если требуется арбитражное разбирательство по любым существенным различиям результатов, полученных лабораторией поставщика и лабораторией покупателя.

В программы испытаний распределенной пробы включают пробы продукции или вещества, которые разделяются на две или более части, причем каждая участвующая лаборатория испытывает одну или более частей

каждой пробы. Эти программы отличаются от типа проверки на качество проведения испытаний, описанного в 4.3, так как число участвующих лабораторий обычно очень ограничено (зачастую две). Программы данного типа применяются для выявления плохой прецизионности, которая позволяет описать постоянное смещение и проверить эффективность корректирующих воздействий. Такие программы часто требуют сохранения достаточного количества материала, чтобы разрешить любые возникшие разногласия между ограниченным числом лабораторий посредством дальнейшего анализа в дополнительных лабораториях.

Аналогичная процедура испытаний распределенной пробы используется также при контроле клинических лабораторий и лабораторий окружающей среды. Обычно в эти программы включаются результаты от нескольких распределенных проб в широком интервале концентрации, которые сравниваются между отдельной лабораторией и другой или несколькими другими лабораториями. В таких программах может считаться, что одна из лабораторий работает на более высоком метрологическом уровне (т.е., более низкий уровень неопределенности) благодаря использованию стандартной методологии и более усовершенствованного оборудования и т.п. Ее результаты считаются эталонными значениями в таких взаимных сличениях, и она может действовать как лаборатория-консультант или лаборатория-руководитель для других лабораторий, которые сличают с ней данные, полученные от распределенной пробы.

Программы испытаний качественных характеристик. Оценка лаборатории на качество проведения испытаний не всегда включает межлабораторные сличения. Например, некоторые программы разрабатываются для оценки возможностей лабораторий охарактеризовывать специальные объекты (напр., тип асбеста, идентичность особых патогенных организмов и т.п.). Такие программы могут включать специальное приготовление координатором программы контрольных образцов с добавкой компонента подвергаемого испытаниям. Как таковые, эти программы

являются «качественными» по своей природе, и не требуют привлечения большого количества лабораторий или межлабораторных сличений для оценки способности лаборатории проводить испытания.

Программы с известным значением. Другие специальные типы программ проверки на качество проведения испытаний могут включать приготовление контрольных образцов с известными количествами испытываемой измеряемой величины. В таком случае, возможно, оценить способность отдельной лаборатории испытывать образец и обеспечивать числовые результаты для сличения с приписанным значением. Еще раз отмечаем, что такие программы проверки на качество проведения испытаний не требуют привлечения большого количества лабораторий.

Программы части процесса. Специальные типы проверок на качество проведения испытаний включают оценку возможностей лабораторий выполнять некоторые части всего процесса испытаний или измерений. Например, некоторые существующие программы проверки на качество проведения испытаний оценивают возможности лабораторий преобразовывать заданный набор данных и представлять об этом отчет (а не проводить фактическое испытание или измерение) или отбирать и подготавливать пробы или образцы в соответствии с техническими требованиями.

Работы по планированию, организации и проведению проверок квалификации в соответствии с требованиями ISO/IEC 17043 выполняет провайдер проверки квалификации (proficiency testing provider). Проверки квалификации реализуются через программы проверки квалификации, которые могут разрабатываться как единоразовые программы, так и непрерывные программы, состоящие из нескольких туров проверки квалификации.

Стадия разработки любой программы проверки на качество проведения испытаний требует привлечения технических экспертов, статистиков и координатора программы, чтобы обеспечить успех и работу без сбоев.

Координатору, консультируясь с выше перечисленными специалистами, следует разработать программу, соответствующую конкретной проверке на качество проведения испытаний.

Программу проверки на качество проведения испытаний следует разработать таким образом, чтобы избежать любой путаницы относительно ее целей. Следует согласовать и документировать проект программы до начала ее выполнения.

Сотрудники, занятые в данной программе должны обладать соответствующей квалификацией и опытом работы в области разработки и реализации программ межлабораторных сличений и представления отчетов о них, или они должны тесно сотрудничать с теми, кто имеет такую квалификацию. Сюда следует отнести соответствующие технические, административные навыки и квалификацию в области статистики.

Работа по проведению конкретных межлабораторных сличений потребует также руководства сотрудниками, обладающими детальным знанием технических вопросов, касающихся используемых методов и методик и имеющими опыт работы с ними. Для этой цели координатору может понадобиться привлечь одного или нескольких подходящих сотрудников, например, из профессиональных органов, лаборатории-подрядчика (если такая есть), участников программы или из числа конечных пользователей данными, и они будут действовать как консультативная группа.

Функции этой консультативной группы могут включать:

- разработку и анализ методик для планирования, выполнения, анализа программы проверки на качество проведения испытаний, представления по ней отчетов и улучшения ее эффективности;
- идентификацию и оценку межлабораторных сличений, организуемых другими органами;
- оценку результатов проверки на качество проведения испытаний в отношении способности участвующих лабораторий проводить испытания;

- выдача рекомендаций любому органу, который оценивает техническую компетентность участвующих лабораторий, как в отношении результатов, полученных во время выполнения программы проверки на качество проведения испытаний, так и в отношении того, каким образом эти результаты следует использовать совместно с другими аспектами оценок лабораторий;

- выдача рекомендаций участникам, у которых возникли очевидные проблемы;

- разрешение любых спорных вопросов между координатором и участниками.

Кроме того, для проведения проверки квалификации провайдер должен обеспечить наличие необходимых условий для проведения программы проверки квалификации. Данное требование включает наличие производственных помещений и оборудования для изготовления, перемещения, калибровки, испытаний, обращения и рассылки образцов для проверки квалификации, для обработки данных, передачи информации, а также получения материалов и документов. Также провайдер проверки квалификации должен гарантировать, что условия окружающей среды не оказывают негативного влияния на программу проверки квалификации или требуемое качество работ и обеспечить соответствующее подтверждение пригодности и поддержание рабочих характеристик лабораторных методов и оборудования, используемых для подтверждения состава, однородность и стабильность образцов для проведения квалификации.

Следует разработать методы статистических расчетов, отвечающие целям программы и основанные на виде данных (качественные или количественные, включая порядковые и категориальные данные), статистических допущениях, природе ошибок и на ожидаемом количестве результатов. При разработке методов статистического расчета и анализа данных провайдер проверки квалификации должен тщательно рассмотреть следующие вопросы:

- правильность и прецизионность;
- наименьшие различия между лабораториями;
- число лабораторий;
- количество контрольных образцов;
- методики выявления выбросов и т.д.

Участники проверки квалификации используют по своему выбору метод испытаний, процедуру измерений или калибровки, не противоречащие их повседневным процедурам. Провайдер проверки квалификации может дать указания участникам использовать определенный метод в соответствии с видом программы проверки квалификации.

Идентификация участников программы проверки квалификации должна быть конфиденциальной и известной только лицам, привлекаемым к процессу проведения программы проверки квалификации, если только участники не отказываются от конфиденциальности. Если заинтересованная сторона требует предоставления результатов проверки квалификации непосредственно от провайдера проверки квалификации, то участники должны быть осведомлены о такой договоренности перед участием в программе проверки квалификации. Среди некоторых участников может быть тенденция создавать ложное оптимистическое впечатление о своей технической компетентности (сговор между лабораториями), а именно:

- выполнение одиночных анализов, а представление «средних»;
- дополнительные измерения и т.д.

Ответственность за данные нарушения лежит на участниках.

Оценка способности проводить испытания производится при помощи консенсуса экспертов, соответствия назначению и статистического расчета. Консенсус экспертов достигается если консультативная группа или другие квалифицированные эксперты непосредственно определяют, подходят ли представленные результаты для данной цели. Это типовой способ оценить результаты качественных испытаний. Соответствие назначению учитывает, например, технические требования к технической компетентности проводить

испытания, которые заложены в методе, и признанный уровень работы участников. Наиболее часто используемой статистикой функционирования является количественный показатель z . Именно этот показатель рекомендует использовать IUPAC при анализе данных проверок квалификаций химических лабораторий, поскольку основная идея z -показателя состоит в том, чтобы сделать все показатели проверки квалификации сравнимыми, так чтобы смысл показателя был сразу же очевиден для любого провайдера, участника, или конечного пользователя, связанного с проверкой квалификации вне зависимости от особенностей аналита или физического принципа, лежащего в основе аналитического измерения.

9.2 Определение приписанного значения и его стандартной неопределенности

Приписанное значение X имеет стандартную неопределенность u_x , которая зависит от способа ее вычисления, количества лабораторий, если ее получают из испытаний в нескольких лабораториях, и других факторов. Стандартное отклонение для оценки квалификации $\hat{\sigma}$ используется для оценивания величин оценок лабораторного смещения, получаемых при проверке квалификации. Если стандартная неопределенность u_x приписанного значения является соизмеримой со стандартным отклонением для оценки квалификации $\hat{\sigma}$, то существует риск, что некоторые лаборатории получат сигналы регулирования или предупреждающие сигналы из-за недостаточной точности в определении приписанного значения, а не из-за наличия некоторой проблемы внутри лаборатории. По этой причине стандартная неопределенность приписанного значения должна устанавливаться и сообщаться лабораториям, участвующим в программах проверки квалификации.

Если $u_x \leq 0,3\hat{\sigma}$,

то неопределенность приписанного значения является незначительной, и нет необходимости учитывать ее при интерпретации результатов проверки квалификации.

Если данное условие не выполняется, то провайдер должен рассмотреть следующее:

- a) искать метод определения приписанного значения, при котором неопределенность удовлетворяет вышеприведенному условию;
- b) учитывать неопределенность приписанного значения при интерпретации результатов проверки квалификации (показатели E_r или Z');
- c) информировать участников проверки квалификации, что неопределенность приписанного значения является значимой.

В ISO 13528:2005 приведены пять методов определения приписанного значения X . Ответственность за выбор между этими методами возложена на координатора, который должен предварительно проконсультироваться с техническими экспертами в соответствии с ГОСТ ISO/IEC 17043-2013. Приведенные методы с высокой долей вероятности будут неприемлемы при малом количестве участвующих в программе лабораторий. Приведенные методы вычисления стандартной неопределенности u_X приписанного значения в основном будут приемлемы для случаев использования в оценки квалификации лабораторий. Альтернативные методы могут применяться при условии, что они имеют надежную статистическую основу и применяемый метод приведен в документированном плане программы.

Ответственность за определение приписанного значения должна быть возложена на провайдера. Приписанное значение не должно раскрываться участникам до тех пор, пока они не представят свои результаты координатору. Провайдер должен подготовить отчет, содержащий детали получения приписанного значения, особенности лабораторий, привлеченных к его определению, и установленные прослеживаемость и неопределенность измерения приписанного значения.

В качестве альтернативы могут использоваться процедуры, которые связаны с определением и устранением выбросов при условии, что они имеют надежную статистическую основу и применяемый метод представлен в отчете. Руководство по использованию критериев для идентификации выбросов приведено в СТБ ИСО 5725-2.

Материал для испытаний готовится путем смешивания компонентов в определенных пропорциях или добавления определенных долей компонентов к основному веществу. В этом случае приписанное значение X определяется посредством вычисления на основании используемых масс.

Данный подход является особенно ценным, если таким способом могут быть приготовлены отдельные образцы, а доли компонентов или добавок являются теми величинами, которые необходимо определить. Тогда нет необходимости в подготовке партии образцов и подтверждении ее однородности. Однако, если по разработанной процедуре приготовления получают образцы, в которых добавки связаны более свободно, чем в обычных материалах или в другой форме, то может быть предпочтительным применение других подходов.

Когда приписанное значение вычисляется на основании процедуры приготовления материала для испытаний, то стандартная неопределенность оценивается посредством объединения неопределенностей. Например, в химическом анализе неопределенности будут связаны с гравиметрическими и объемными измерениями.

Ограничение в применении этого метода (в химическом анализе) будет заключаться в необходимости подтверждения того, что:

а) основное вещество действительно свободно от добавляемого компонента или доля добавляемого компонента в основном веществе точно известна;

б) компоненты перемешиваются до однородности (если это требуется);

в) все источники погрешности выявлены (например, не всегда учитывается тот факт, что стекло поглощает соединения ртути, так что

концентрация водного раствора соединения ртути может измениться из-за используемой тары);

д) не существует взаимодействия между компонентами и матрицей.

Сертифицированные эталонные значения. Если используемый при проверках квалификации материал является сертифицированным стандартным образцом (certified reference material, CRM), то его сертифицированное эталонное значение используется в качестве приписанного значения X . Если сертифицированный стандартный образец применяется как контрольный материал, то стандартная неопределенность приписанного значения определяется на основании содержащейся в сертификате информации о неопределенности. Ограничение в применении данного подхода заключается в том, что обеспечение каждого участника при проверке квалификации экземпляром сертифицированного стандартного образца может быть дорогостоящим.

Эталонные значения. При данном подходе первоначально изготавливают образцы материала для испытаний, который является стандартным образцом (reference material, RM) и готов к распространению между участниками. Затем некоторое количество образцов отбирается случайным образом и испытывается вместе с сертифицированным стандартным образцом (CRM) в одной лаборатории в условиях повторяемости с применением подходящего метода измерения. Приписанное значение X_{RM} материала для испытаний определяется из результатов калибровки по отношению к сертифицированным значениям CRM. Если приписанное значение материала для испытаний определяется по результатам серий испытаний на таком материале и на CRM, то стандартная неопределенность приписанного значения определяется на основании результатов испытаний и неопределенностей сертифицированных эталонных значений CRM. Если материал для испытаний и CRM отличаются (по матрицам, компонентам или уровню результатов), то должна учитываться также неопределенность, связанная с этим фактором. Данный метод

позволяет установить прослеживаемое к сертифицированным значениям CRM приписанное значение с возможностью вычисления стандартной неопределенности и позволяет избежать затрат на распределение CRM между всеми участниками. Это является хорошим обоснованием для предпочтения данного метода другим. Однако данный метод предполагает, что не существует взаимосвязи между используемыми материалами и условиями испытаний.

Согласованные значения от экспертных лабораторий. Как и при подходе с использованием эталонных значений, сначала подготавливают образцы материала для испытаний, готовые к распределению между участниками. Затем некоторые из этих образцов выбираются случайным образом и анализируются группой экспертных лабораторий. В качестве альтернативы группа экспертных лабораторий может принимать участие в туре программы проверки квалификации, если приписанное значение и его неопределенность будут определяться после завершения тура. Приписанное значение X вычисляется как робастное среднее значение результатов, представленных группой экспертных лабораторий, которое определяется с применением алгоритма, приведенного в **ISO 13528:2005**. Вместо алгоритма А могут применяться другие методы вычисления при условии, что они имеют надежную статистическую основу и применяемый метод описан в отчете. Если каждая из p экспертных лабораторий представляет результат измерения X_i по материалу для испытаний вместе с оценкой u_i стандартной неопределенности измерения и приписанное значение X вычисляется как робастное среднее значение, то стандартная неопределенность приписанного значения X оценивается следующим образом:

$$u_x = \frac{1,25}{p} \sqrt{\sum_{i=1}^p u_i^2} \quad ()$$

Когда экспертные лаборатории не представляют стандартные неопределенности или когда нет независимого подтверждения неопределенностей (например, через орган по аккредитации лабораторий), то

стандартная неопределенность приписанного значения должна быть оценена. Коэффициент 1,25 представляет собой отношение стандартного отклонения медианы к стандартному отклонению среднего арифметического для больших выборок ($p > 10$) при нормальном распределении. Для нормально распределенных данных стандартное отклонение робастного среднего значения, вычисленного с использованием алгоритма, неизвестно, но оно будет лежать между стандартным отклонением среднего арифметического и стандартным отклонением медианы. Таким образом, формула (7) дает оценку стандартной неопределенности u_x с запасом. Для $p < 10$ соответствующий коэффициент меньше 1,25, таким образом, формула дает оценку с двойным запасом. Ограничение в применении данного подхода заключается в том, что в результаты группы экспертных лабораторий могут иметь неизвестное смещение и заявленные неопределенности могут быть ненадежными.

Согласованное значение от участников. В соответствии с данным подходом приписанным значением X материала для испытаний, используемого в туре программы проверки квалификации, является робастное среднее значение результатов, представленных всеми участниками в туре. Робастное среднее значение вычисляется с применением алгоритма A, приведенного в СТБ ISO 13528. Могут применяться другие методы вычисления при условии, что они имеют надежную статистическую основу и применяемый метод описан в отчете. Данный подход может быть особенно полезен для операционно-определенного метода измерений при условии, что метод стандартизован.

Когда приписанное значение определяется как робастное среднее, стандартная неопределенность приписанного значения X оценивается следующим образом:

$$u_x = 1,25 \frac{s^*}{\sqrt{p}} \quad ()$$

где s^* - робастное стандартное отклонение результатов (здесь под результатом участника понимается среднее арифметическое всех его измерений на материале для испытаний).

Ограничения в применении данного подхода заключаются в следующем:

- между участниками может не быть согласованности;
- согласованная оценка может быть смещенной при общем применении имеющей недостатки методологии, и это смещение не будет отражено в стандартной неопределенности приписанного значения, вычисленной по описанному выше способу. Ни одно из перечисленных условий не является редким при определении микроэлементов.

Сравнение приписанного значения. Если для установления приписанного значения X применяются методы, приведенные в 5.2 – 5.4, то после каждого тура программы проверки квалификации робастное среднее значение x^* , оцененное по результатам тура, следует сравнить с приписанным значением. Если для установления приписанного значения применяются методы, приведенные в 5.5 и 5.6, то при возможности значение должно быть сравнено с эталонным значением, полученным компетентной лабораторией. Стандартная неопределенность разности $u(x^* - X)$ будет оцениваться следующим образом:

$$u(x^* - X) = \sqrt{\frac{(1,25s^*)^2}{p} + u_x^2} \quad ()$$

где s^* - робастное стандартное отклонение;

p - количество лабораторий.

Если разность больше, чем удвоенное значение ее неопределенности, то причина этого должна быть установлена. Возможными причинами являются:

- смещение в методе измерений;
- общее смещение в результатах лабораторий;

- недостаточное понимание ограничений метода;
- смещение в результатах экспертных лабораторий, когда применяется подход согласованного значения от экспертных лабораторий;
- смещение метода(ов) участника или несколько лабораторий со смещениями, когда в качестве приписанного значения используется робастное согласованное среднее.

Если при проверке квалификации количество повторных измерений n равно 2 и более, первым этапом при анализе результатов будет вычисление среднего арифметического и стандартного отклонения результатов для каждой лаборатории. Средние значения используются, например, для вычисления статистических показателей, и для подготовки гистограмм. Стандартные отклонения используются, например, для подготовки диаграмм повторных измерений.

Хотя все участники могут планировать выполнение одинакового количества повторных измерений, они не всегда могут представить такое количество измерений, например, если некоторые испытания были забракованы и не могут быть повторены. Если это произошло, рекомендуется следующая процедура.

Если лаборатория представила не менее $0,59n$ повторных измерений, то среднее значение и стандартное отклонение этих измерений должны быть включены в вычисления и обработаны, как если бы лаборатория представила n измерений. Отчет должен содержать количество измерений, представленных лабораторией.

Если лаборатория заявила менее $0,59n$ повторных измерений, то эти результаты не должны включаться в вычисление статистик, которые затрагивают другие лаборатории. Например, такие результаты не должны быть включены в вычисление приписанного значения, или в вычисление стандартного отклонения для оценки квалификации. Такие результаты могут быть использованы для вычисления собственных статистических показателей лаборатории, или включены в графики, приведенные в разделе 8, однако в

отчете должны содержаться сведения о количестве измерений, представленных лабораторией, и указание на то, что это количество меньше требуемого программой.

Обоснование для коэффициента 0,59 следующее. Стандартное отклонение среднего арифметического n повторных измерений равно σ_r/\sqrt{n} . Если количество повторных измерений уменьшается, то стандартное отклонение увеличивается. Таким образом, если действительное количество повторных измерений уменьшается от n до $0,59n$, то стандартное отклонение увеличивается на коэффициент 1,3. Это может рассматриваться как граница допустимого увеличения стандартного отклонения. Применение границы $0,59n$ будет предотвращать увеличение стандартного отклонения на величину, большую установленной. Очевидно, что степень произвольности в применении критерия будет определяться этим правилом. Таким образом, координатор может изменить его при консультации с членами программы, если они этого пожелают.

Далее приведены пять подходов к проблеме определения стандартного отклонения для оценки квалификации. Ответственность за выбор между этими методами возложена на координатора, который должен консультироваться с членами программы и любыми имеющими отношение к этому вопросу органами по аккредитации и принимать во внимание любые значимые правила. Ответственность за определение стандартного отклонения $\hat{\sigma}$ несет провайдер. Он должен подготовить отчет, содержащий детальное описание того, как было получено стандартное отклонение.

Заданное значение. Стандартное отклонение для оценки квалификации может быть установлено как значение, требуемое для определенной задачи интерпретации данных, или определяется исходя из требований, установленных законодательством. Данный подход имеет преимущество в том, что стандартное отклонение для оценки квалификации связывается непосредственно с установлением соответствия назначению для метода измерений.

Принятое значение. Стандартное отклонение для оценки квалификации может быть установлено как значение, соответствующее уровню функционирования, который, по мнению координатора и членов программы, способны достичь лаборатории. В соответствии с данным подходом стандартное отклонение для оценки квалификации становится эквивалентом установления соответствия назначению для метода измерений. Если стандартное отклонение для оценки квалификации $\hat{\sigma}$ выбрано как предписанное или как желаемое для достижения значения, существует вероятность, что выбранное значение будет нереалистичным (несоответствующим) по отношению к воспроизводимости метода измерений. При условии, что доступна информация о повторяемости и воспроизводимости метода, допускается применить следующий метод контроля того, что выбранное значение $\hat{\sigma}$ является реалистичным (приемлемым). Дано σ_R – стандартное отклонение воспроизводимости и σ_r – стандартное отклонение повторяемости.

Вычисляется межлабораторное стандартное отклонение:

$$\sigma_L = \sqrt{\sigma_R^2 - \sigma_r^2} \quad ()$$

а затем из формулы (10) вычисляется значение коэффициента ϕ путем подстановки величин σ_L , σ_r и выбранного значения $\hat{\sigma}$:

$$\hat{\sigma} = \sqrt{(\phi \times \sigma_L)^2 + (\sigma_r^2/n)}$$

где n – количество повторных измерений, выполняемых каждой лабораторией.

Если найденное для коэффициента ϕ значение мало (а именно $\phi < 0,5$), то предполагается, что выбранное значение $\hat{\sigma}$ соответствует уровню воспроизводимости, который лаборатории неспособны достигнуть на практике.

Из основной модели. Значение стандартного отклонения для оценки квалификации может быть определено из основной модели для

воспроизводимости метода измерений. Недостаток данного подхода заключается в том, что истинная воспроизводимость отдельного метода измерений может существенно отличаться от значения, полученного из модели, поскольку применение основной модели подразумевает, что воспроизводимость зависит только от уровня измеряемой величины, а не от самой измеряемой величины, методики измерений или размера выборки.

Из результатов эксперимента по оценке прецизионности. Если применяемый в программе проверки квалификации метод измерений стандартизован и имеется информация о повторяемости и воспроизводимости метода, то стандартное отклонение для оценки квалификации может быть вычислено, как указано ниже. Дано σ_R – стандартное отклонение воспроизводимости и σ_r – стандартное отклонение повторяемости.

Вычисляется межлабораторное стандартное отклонение:

$$\sigma_L = \sigma \sqrt{\sigma_R^2 - \sigma_r^2},$$

затем вычисляется стандартное отклонение для оценки квалификации:

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\sigma_L^2 + (\sigma_r^2/n)}$$

где n – количество повторных измерений, выполняемых каждой лабораторией в туре программы.

Если стандартные отклонения повторяемости и воспроизводимости зависят от среднего значения результатов испытаний, то функциональная зависимость будет определяться с применением методов, приведенных в СТБ ИСО 5725-2. Затем эта зависимость должна применяться для вычисления значений стандартных отклонений повторяемости и воспроизводимости, соответствующих приписанному значению, которое будет использоваться при проверке квалификации.

Из данных, полученных в туре программы проверки квалификации. В соответствии с данным подходом применяемое в туре программы для оценки квалификации участников стандартное отклонение определяется на основании результатов, заявленных всеми участниками в

данном туре. Стандартное отклонение должно быть робастным стандартным отклонением результатов, заявленных всеми участниками, которое вычисляется с применением алгоритма, приведенного в ISO 13528:2005. Заявленный участником результат должен быть средним арифметическим n повторных измерений, наблюдаемых участником в туре. Могут применяться другие методы вычисления при условии, что они имеют надежную статистическую основу и применяемый метод описан в отчете.

Недостаток данного подхода заключается в том, что значение $\hat{\sigma}$ может существенно изменяться от тура к туру, что усложняет применение значений количественного показателя Z для лаборатории с целью обнаружения тенденции, которая сохраняется в нескольких турах. Такого недостатка можно избежать в установившейся программе путем применения робастного объединенного значения стандартного отклонения, которое получено из некоторого количества туров и вычислено с использованием алгоритма, приведенного в ISO 13528:2005.

Сравнение значений прецизионности, полученных при проверке квалификации, с установленными значениями. Для контроля характеристик функционирования участников и для оценки преимуществ программы для участников рекомендуется, чтобы провайдер применял описанную ниже процедуру. Результаты, полученные в каждом туре программы проверки квалификации, должны применяться для вычисления оценок стандартных отклонений повторяемости и воспроизводимости метода измерений с применением робастных методов, приведенных в СТБ ИСО 5725-5. Такие оценки должны наноситься на графики как временные серии вместе со значениями стандартных отклонений повторяемости и воспроизводимости, которые были получены в эксперименте по оценке прецизионности (если таковые доступны).

Затем такие графики должны анализироваться провайдером. Если они указывают на то, что получаемые при проверке квалификации значения прецизионности отличаются от значений, которые были получены в

эксперименте по оценке прецизионности, на коэффициент 2 и более, то провайдер должен исследовать причину этого. Если они указывают на то, что прецизионность метода измерений не улучшается со временем, это может свидетельствовать о том, что:

- участвующие лаборатории не исследовали причины возникновения сигналов регулирования и предупреждающих сигналов или не осуществили корректирующие действия должным образом;
- участвующие лаборатории были неспособны установить причины возникновения сигналов регулирования и предупреждающих сигналов;
- метод находится в состоянии статистического контроля и надежные выводы могут основываться на данных, полученных этим методом.

9.3 Расчет статистик функционирования

Оценки лабораторного смещения. Пусть x представляет результат (или среднее арифметическое результатов), заявленный участником при измерении характеристики материала для испытаний в одном туре программы проверки квалификации. Тогда оценка смещения D лаборатории при измерении этой характеристики может быть вычислена как:

$$D = x - X,$$

где X – приписанное значение.

Не должны применяться статистики функционирования, которые содержат абсолютное значение $|D|$ смещения лаборатории или D^2 , так как они маскируют знак смещения.

Если участник представляет результат, который приводит к значению лабораторного смещения, большему, чем $3,0\hat{\sigma}$, или меньшему, чем минус $3,0\hat{\sigma}$, то результат должен рассматриваться как приводящий к сигналу регулирования. Подобным образом, лабораторное смещение, имеющее значение, большее, чем $2,0$, или меньшее, чем минус $2,0 \hat{\sigma}$ должно рассматриваться как приводящее к предупреждающему сигналу. Один сигнал регулирования в одном туре или два предупреждающих сигнала в

последовательных турах должны рассматриваться как подтверждение того, что имеет место аномалия, которая требует исследования.

Обоснованием для используемых множителей 2,0 и 3,0 (и в других подобных критериях, приведенных ниже) является следующее рассуждение. Если X и $\hat{\sigma}$ являются надежными оценками среднего значения и стандартного отклонения совокупности, из которой извлечены значения x , и лежащее в основе распределение является нормальным, то значения D будут распределены приблизительно нормально со средним значением, равным нулю, и стандартным отклонением. При таких условиях будет ожидать, что только около 0,3 % оцененных лабораторных смещений выходят за границы диапазона минус $3,0\hat{\sigma} < D < 3,0\hat{\sigma}$ и только около 5 % выходят за границы диапазона минус $2,0\hat{\sigma} < D < 2,0\hat{\sigma}$. Поскольку эти вероятности малы, то случайное появление сигналов регулирования, когда в действительности проблема отсутствует, маловероятно. Таким образом, существует приемлемая возможность идентификации причин для аномалии, когда возникает сигнал регулирования.

Участники могут использовать соответствующие статистики функционирования для выполнения прямого сравнения с заданными или желаемыми для достижения требованиями к функционированию.

Процентные разности. Процентные разности будут вычисляться следующим образом:

$$D_{\%} = 100(x - X)/X \quad ()$$

Процентные разности могут быть интерпретированы согласно рекомендациям, которые приведены для лабораторных смещений, т. е. если участник представляет результат, который приводит к значению процентной разности, большему, чем $300\hat{\sigma}/X$, или меньшему, чем минус $300\hat{\sigma}/X$, то результат должен рассматриваться как приводящий к сигналу регулирования. Подобным образом процентная разность, имеющая значение, большее, чем $200\hat{\sigma}/X$, или меньшее, чем минус $200\hat{\sigma}/X$, должна рассматриваться как приводящая к предупреждающему сигналу. Единичный сигнал

регулирования или предупреждающие сигналы в двух последовательных турах должны рассматриваться как подтверждение того, что имеет место аномалия, которая требует исследования.

Ранги и процентные ранги. Для результатов p лабораторий в туре проверки квалификации ранги определяются через приписывание ранга 1 лаборатории, которая представила наименьший результат, ранга 2 – лаборатории, которая представила следующий наименьший результат и т. д. Лаборатории, которая представила наибольший результат, приписывается ранг p . Если два или более результата равны, им приписывается одинаковый средний ранг. Если исследование касается нескольких измеряемых величин, ранги приписываются отдельно для каждой измеряемой величины. Если ранги обозначены как $i = 1, 2, \dots, p$, то процентные ранги вычисляются как

$$\frac{100(i - 0,5)}{p} \%$$

Интерпретация рангов и процентных рангов не затрагивает предположения, что данные подчиняются определенному распределению вероятностей и, следовательно, не используют приписанное значение или стандартное отклонение для оценки квалификации. Поэтому применение рангов и процентных рангов дает простой метод идентификации лабораторий, которые заявили наиболее экстремальные результаты. В частности, такой метод может применяться в первых турах программы проверки квалификации для идентификации лабораторий, для которых, наиболее вероятно, требуется достичь улучшения в функционировании. При проверке квалификации не рекомендуется представлять отчет о характеристиках функционирования в виде таблицы путем ранжирования лабораторий в соответствии с их характеристиками функционирования. Такое ранжирование следует применять очень осторожно, так как оно может ввести в заблуждение и быть неправильно интерпретировано.

Количественные показатели Z . Количественный показатель Z будет вычисляться

$$z = (x - X) / \hat{\sigma}, \quad ()$$

где $\hat{\sigma}$ – стандартное отклонение для оценки квалификации.

Если участник заявляет результат, который приводит к значению количественного показателя Z , большему, чем 3,0, или меньшему, чем минус 3,0, тогда результат должен рассматриваться как приводящий к сигналу регулирования. Подобным образом количественный показатель Z , имеющий значение, большее, чем 2,0, или меньшее минус 2,0, должен рассматриваться как приводящий к предупреждающему сигналу. Единичный сигнал регулирования или предупреждающие сигналы в двух последовательных турах должны рассматриваться как подтверждение того, что имеет место аномалия, которая требует исследования.

В программах проверки квалификации, в которые вовлечено большое количество лабораторий (например, около 100 лабораторий), для дополнительной интерпретации количественных показателей Z могут применяться графики нормальной вероятности. В противном случае при малом количестве лабораторий (т. е. менее 10 лабораторий) такой график ничего не покажет. В этом случае графические методы, объединяющие показатели из нескольких туров, будут обеспечивать более эффективное представление характеристик функционирования лабораторий, чем результаты отдельных туров.

Числа E_n . Эта статистика функционирования вычисляется следующим образом:

$$E_n = \frac{x - X}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}}, \quad ()$$

где X – приписанное значение, определенное в эталонной (референтной) лаборатории;

U_{ref} – расширенная неопределенность X ;

U_{lab} – расширенная неопределенность результата участника x .

В отличие от критических значений 2,0 и 3,0, которые используются для количественных показателей Z , для чисел E_n принято использовать

критическое значение 1,0. Это объясняется тем, что числа E_n вычисляются с применением в знаменателе расширенных неопределенностей вместо стандартных отклонений.

Числа E_n должны применяться с осторожностью, в случаях, когда участники имеют плохое понимание своей неопределенности или не могут представить ее единообразным способом. Однако включение информации о неопределенности в интерпретацию результатов проверок квалификации может играть важную роль в улучшении понимания лабораториями этого сложного вопроса. Если расширенные неопределенности вычисляются с применением коэффициента охвата 2,0, то критическое значение 1,0 для числа E_n будет эквивалентно критическому значению 2,0, которое используется для количественного показателя Z . Числа E_n могут выражать надежность оценки расширенной неопределенности, связанной с каждым результатом. Значение $|E_n| < 1$ обеспечивает объективное подтверждение того, что оценка неопределенности согласуется с определением расширенной неопределенности.

Количественные показатели z' . Применяя принятые условные обозначения, количественный показатель z' вычисляется следующим образом:

$$z' = (x - X) \sqrt{\hat{\sigma}^2 + u_x^2}, \quad (21)$$

где u_x - стандартная неопределенность приписанного значения X .

Формула (21) может использоваться, когда приписанное значение вычисляется иным способом, а не на основании представленных участниками результатов. Таким образом, формула (21) может использоваться при условии, что экспертные лаборатории не принимают участия в проверке квалификации. Количественные показатели z' должны интерпретироваться таким же способом, как и количественные показатели Z , с использованием тех же критических значений 2,0 и 3,0.

Сравнение выражений для количественных показателей z' и Z показывает, что количественные показатели z' в туре программы проверки

квалификации будут всегда меньше соответствующих количественных показателей Z на постоянный коэффициент, равный $\sigma/\sqrt{\hat{\sigma}^2 + u_x^2}$.

Если выполняется руководство по ограничению неопределенности приписанного значения, такой коэффициент будет находиться в диапазоне

$$0,96 \leq \frac{\sigma}{\sqrt{\hat{\sigma}^2 + u_x^2}} \leq 1,00$$

В таком случае количественные показатели Z' будут близки к соответствующим показателям Z , и можно сделать заключение, что неопределенность приписанного значения является пренебрежимо малой.

Если руководство, не выполняется, то разница в значениях количественных показателей Z' и Z может быть такой, что некоторые количественные показатели Z превысят критические значения 2,0 или 3,0 и приведут к предупреждающим сигналам или сигналам регулирования, в то время как соответствующие количественные показатели Z' не превысят критических значений и не приведут к сигналам.

Когда провайдер решает, использовать ли количественные показатели Z' и Z , он должен рассматривать следующие аспекты:

- выполняется ли для неопределенности приписанного значения руководство, приведенное в 4.2? Если выполняется, то преимущество от использования количественного показателя Z' будет маловероятным;
- если руководство не выполняется, рекомендуется применять количественные показатели Z' , несмотря на дополнительные трудности и сложности при объяснении их пользователям;
- насколько значительны будут последствия для лабораторий, если их результаты приводят к предупреждающим сигналам или сигналам регулирования? Используются ли результаты для дисквалификации лабораторий по применяемому методу измерений для некоторой группы пользователей?

Количественный показатель дзета (ξ). Применяя принятые условные обозначения, количественный показатель ξ вычисляется следующим образом:

$$\xi = \frac{x - X}{\sqrt{u_x^2 + u_X^2}}$$

где u_x - собственная лабораторная оценка стандартной неопределенности результата x ;

u_X - стандартная неопределенность приписанного значения X .

Формула может использоваться, когда приписанное значение вычисляется иным способом, а не на основании представленных участниками результатов. Количественные показатели ξ отличаются от чисел E_n тем, что при их вычислении используются стандартные неопределенности $u(x)$ вместо расширенных неопределенностей $U(x)$.

В настоящее время не существует общепризнанной практики по объединению информации по неопределенности измерений, которую предоставляют участвующие лаборатории, в показатели, используемые в программах проверки квалификации. Однако такая информация все чаще предоставляется участниками. Информация по неопределенности измерений в настоящий момент требуется **ISO/IEC 17025**, значит, для программ проверки квалификации, включающих лаборатории, которые заявляют о соответствии **ISO/IEC 17025**, провайдеры нуждаются в руководствах по рассмотрению такой информации.

При наличии в лаборатории эффективной действующей системы по подтверждению собственных оценок стандартных неопределенностей результатов количественные показатели ξ могут применяться вместо показателей Z и должны интерпретироваться так же, как и количественные показатели Z с применением критических значений 2,0 и 3,0.

Если такая система не действует, количественные показатели ξ должны применяться только совместно с количественными показателями Z , как указано ниже, в качестве вспомогательного критерия для улучшения

функционирования лабораторий. Если лаборатория получила количественные показатели Z , которые неоднократно превышали критическое значение 3,0, это может быть важным обоснованием для поэтапного исследования применяемой в лаборатории методики испытаний и составления бюджета неопределенности для такой методики. Бюджет неопределенности будет определять этапы в методике, на которых возникают большие неопределенности, чтобы лаборатория могла видеть, где необходимо затратить усилия для достижения улучшений. Если количественные показатели ξ и после этого продолжают превышать критическое значение 3,0, это означает, что лаборатория не включила в бюджет неопределенности все существенные источники неопределенности (т. е. какой-то важный источник не был учтен).

Если лаборатории присуще большое смещение и интервал ее неопределенности ($X \pm U_x$) не включает приписанное значение, то она будет иметь большой количественный показатель ξ или число E_n .

Количественный показатель E_z . Количественный показатель E_z может быть определен следующим образом:

$$E_{z-} = \frac{x - (X - U_x)}{U_x} \text{ и } E_{z+} = \frac{x - (X + U_x)}{U_x}$$

где X – приписанное или эталонное значение;

U_x – расширенная неопределенность X ;

x – значение, представленное лабораторией;

Если оба показателя E_{z-} и E_{z+} находятся в пределах диапазона от минус 1,0 до 1,0, то функционирование лаборатории считается удовлетворительным;

если один из показателей E_{z-} и E_{z+} находится за пределами диапазона от минус 1,0 до 1,0, то функционирование лаборатории считается сомнительным;

если оба показателя E_{z-} и E_{z+} меньше минус 1,0 или больше 1,0, то функционирование лаборатории считается неудовлетворительным.

Проверка квалификации, выполняемая посредством межлабораторных сличений, используется для определения характеристик функционирования отдельных лабораторий при выполнении определенных испытаний или измерений и для мониторинга текущих значений характеристик функционирования лабораторий. Полное описание целей проверки квалификации приведено в ISO/IEC 17043. С точки зрения статистики функционирование лабораторий может быть описано тремя характеристиками: лабораторным смещением, стабильностью и повторяемостью. Лабораторное смещение и повторяемость определены в ISO 3534-1, ISO 3534-2 и СТБ ИСО 5725-1. Стабильность результатов лаборатории измеряется промежуточной прецизионностью, как определено в СТБ ИСО 5725.

Лабораторное смещение может оцениваться посредством испытаний, выполненных на стандартных образцах (при их наличии), с использованием процедуры, приведенной в СТБ ИСО 5725-4. В противном случае проверка квалификации, выполняемая посредством межлабораторных сличений, представляет собой в большинстве случаев приемлемый способ получения информации о лабораторном смещении, и использование данных из проверок квалификации лабораторий для получения оценок лабораторного смещения является важным аспектом анализа таких данных. Однако на получаемые при проверках квалификации данные будут влиять стабильность и повторяемость, так что в туре проверки квалификации лаборатория может получить данные, которые указывают на смещение, причиной которого в действительности является недостаточная стабильность или плохая повторяемость. Важно, чтобы эти аспекты функционирования лаборатории оценивались регулярно.

Стабильность может оцениваться посредством повторных испытаний сохраняющих свойства образцов или через выполнение регулярных измерений на стандартном образце. В качестве стандартного образца может

использоваться стандартный образец собственного производства (ассортимент материала для использования в качестве собственного стандартного образца устанавливается лабораторией). Такая процедура описана в СТБ ИСО 5725-3. Также стабильность может оцениваться через отображение на контрольных картах оценок лабораторного смещения, полученных по результатам проведения проверок квалификации. Благодаря этому можно получить информацию о характеристике функционирования лаборатории, которая не очевидна при исследовании результатов отдельных туров программ проверки квалификации. Такая информация является еще одним важным аспектом анализа таких данных.

Данные, пригодные для оценивания повторяемости, могут быть получены посредством проведения испытаний в повседневных условиях работы лаборатории или посредством проведения специального дополнительного испытания внутри лаборатории для оценивания повторяемости. Поэтому оценка повторяемости не является важным аспектом проверки квалификации, хотя в некоторых случаях важно, чтобы лаборатория проводила мониторинг своей повторяемости каким-либо способом. Повторяемость может оцениваться через нанесение размахов повторных измерений на контрольную карту, как описано в СТБ ИСО 5725-6. В [ISO 13528:2005](#) приведена блок-схема, которая иллюстрирует алгоритм применения процедуры оценки квалификации лаборатории.

Литература

III. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ

Целью данной курсовой работы является формирование у студентов знаний в области организации контроля и испытаний продукции на примере объектов из отраслей машиностроения, приборостроения, химической, пищевой промышленности. Выбор объекта согласовывается с преподавателем. В зависимости от специфики объекта контроля курсовая работа может иметь следующее из названий: «Организация контроля и испытаний ...», «Организация контроля...», «Организация испытаний...» и т.д.

Курсовая работа должна содержать разделы – «ВВЕДЕНИЕ», «НОРМАТИВНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНТРОЛЯ И ИСПЫТАНИЙ», «МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ И/ИЛИ ИСПЫТАНИЙ», «РАСЧЕТНО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ», «ЗАКЛЮЧЕНИЕ», «ПРИЛОЖЕНИЯ» (при необходимости).

1. Информационное обеспечение испытаний.
 - 1.1. Сущность и объекты контроля и испытаний.
 - 1.2. Подбор и анализ ТНПА и НД.
 - 1.3. Вопросы оценки соответствия.
2. Организационно-методическое обеспечение.
 - 2.1. Методы и средства контроля и испытаний.
 - 2.2. Разработка методики испытаний.
3. Метрологическое обеспечение испытаний.
 - 3.1. Разработка методики валидации метода испытаний.
 - 3.2. Верификация методов и средств испытаний.

Во введении необходимо:

- 1) обосновать актуальность выбранной тематики курсовой работы – кратко сформулировать значимость объекта исследования в народном

хозяйстве, науке и технике, необходимость контроля и экспериментальных исследований его характеристик;

- 2) определить цель и задачи, решаемые в курсовой работе;
- 3) кратко описать структуру работы.

По объему «Введение» должно занимать одну-две страницы.

Материал должен излагаться лаконично, научным языком (без использования разговорного стиля). Названия разделов необходимо конкретизировать, чтобы уже в оглавлении прослеживалась их логическая взаимосвязь и последовательность выполнения. Каждый раздел курсовой работы заканчивается краткими выводами.

1 ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА КОНТРОЛЯ И/ИЛИ ИСПЫТАНИЙ

Название раздела «Информационное обеспечение испытаний» необходимо дополнить названием конкретного объекта исследования - например, «Информационное обеспечение испытаний *тормозных систем*». Данный раздел включает два подраздела.

Подраздел 1.1 может иметь названия «*Типовая структура и функциональные характеристики генератора переменного тока*», «*Состав и характеристики сухого молока*» и т.д. Он посвящен изучению и описанию выбранного объекта и предполагает работу студента с научно-технической литературой (обязательно в тексте давать ссылки на используемые источники!). Необходимо идентифицировать объект, изучить его структуру, функциональные элементы и принцип действия. Например, если в качестве объекта выбран бетон, следует дать его определение, описать типовые компоненты, укрупненную классификацию, характеристики и свойства, области применения. Затем нужно остановиться на тех видах бетона, которые производятся или испытываются на данном предприятии (или в лаборатории). Ссылки на источники необходимо приводить в тексте в квадратных скобках с нумерацией по мере упоминания.

Если курсовая работа выполнялась на базе конкретного предприятия (для студентов заочного отделения), то необходимо привести краткие сведения о нем (название, направления производственно-хозяйственной деятельности и т.д.).

Название подраздела 1.2 «ПОДБОР И АНАЛИЗ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ» следует дополнить словами «...касающихся контроля и/или испытаний ...». Данный подраздел предполагает работу с нормативными документами, используемыми при контроле и испытаниях выбранного объекта. Необходимо выполнить подбор данных документов, результаты которого отобразить в виде таблицы, идентифицировав и классифицировав их по выбранным признакам (например, по уровням стандартизации). Затем следует выполнить краткий анализ нормативных документов, в которых описываются методики контроля и испытаний объекта, уделив особое внимание конкретному виду контроля и испытаний. Анализ нормативных документов предполагает их изучение. Результаты анализа следует отобразить в виде таблицы или схемы, классифицировав их, например, по видам требований, предъявляемым к выбранному объекту.

2 «МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ИСПЫТАНИЙ»

Название раздела «ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ И/ИЛИ ИСПЫТАНИЙ ...» должно быть конкретизировано в зависимости от выбранной тематики.

Подраздел 2.1 «ВИДЫ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ И/ИЛИ ИСПЫТАНИЙ ...» должен содержать классификацию и краткое описание видов и методов контроля и испытаний, являющихся основой для принятия решений, идентифицируя их в соответствии с классификацией, приведенной в ГОСТ 16504. При этом следует давать ссылки на нормативные документы, рассмотренные в подразделе 1.2. Рекомендуется оформить данную информацию в виде таблицы или схемы, составленных в произвольной форме по аналогии с примером (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Виды контроля и испытаний, применяемые _____

Вид контроля	Виды испытаний	Контролируемые параметры	ТНПА
По стадии жизненного цикла:			
входной	1)	- - -	
	2)	- -	
	3)	- -	
операционный			
эксплуатационный			
хранения			
транспортирования			
...			

В подразделе 2.2 «ОПИСАНИЕ МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ (ИСПЫТАНИЙ) ...» следует изложить конкретную методику контроля (испытаний) в виде алгоритма, таблицы или схемы, где будут отражены основные процедуры, средства и методы контроля, требования, предъявляемые к условиям проведения со ссылками на соответствующие документы. Данная методика будет взята за основу при выполнении раздела 3.

В разделе «ЗАКЛЮЧЕНИЕ» необходимо подвести итоги выполнения курсовой работы, сделать краткие выводы по каждому разделу (описать, как были решены задачи, поставленные в курсовой работе). Выводы, представляя собой краткое обобщение результатов исследований. Не следует смешивать выводы с констатацией выполненных работ, которая приводится в заключительной части описания исследований. Фраза «Разработан стенд для исследования неравномерности вращения диска» — не вывод, а констатация факта. Вывод может быть сформулирован следующим образом: «Исследование равномерности вращения диска на

разработанном стенде показало, что отклонения от среднего значения за один оборот не превышает 5 %».

При написании выводов необходимо соблюдать следующие правила.

1. Содержание выводов должно соответствовать поставленным целям и задачам исследования.

2. Из полученных результатов исследований должны быть сделаны все возможные выводы.

3. Не должно быть выводов, которые можно сделать, не проводя исследований.

4. Не должно быть необоснованных выводов. Вывод — не гипотеза, он должен вытекать непосредственно из результатов исследований и не требовать дополнительных доказательств.

5. Выводы, не получившие в ходе эксперимента достаточного подтверждения, должны формулироваться в предположительном виде («на основании проведенных исследований можно ожидать», «...можно предположить» и т.д.).

6. Выводы должны быть краткими.

За выводами могут следовать рекомендации, сформулированные на основании результатов работы. В рекомендациях намечают возможные пути использования полученных результатов и определяют предполагаемый эффект их применения. Рекомендация может быть сформулирована следующим образом: «Разработанный (исследованный, предлагаемый) механизм тонкого перемещения можно использовать в рычажно-зубчатых головках для регулирования передаточного отношения, что позволит сократить время регулировки в 1,5...2 раза». Рекомендации могут касаться не только объекта исследований, но и методики их проведения, они могут намечать перспективы продолжения исследований или проведения новых. При формулировании рекомендаций должно соблюдаться требование краткости и конкретности.

При необходимости подчеркнуть важность выполненной исследовательской работы и ее объем в завершающую часть отчета включают краткое описание основных положений проведенного исследования, выводы и рекомендации по результатам исследований.

3 РАСЧЕТНО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Раздел «РАСЧЕТНО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ. ОЦЕНИВАНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ... » должен содержать описание контрольно-измерительной процедуры, входящей в методику контроля (испытаний), с указанием физического принципа измерений, характеристик используемых средств и условий измерений, требований к обработке результатов. Рекомендуется включить следующие пункты.

IV. РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

Контрольные вопросы к экзамену и самостоятельной подготовке

по учебной дисциплине «Контроль и испытание продукции»

1. Понятие и категории продукции.
2. Понятия, относящиеся к соответствию и несоответствиям продукции. Качество, характеристика качества, требование, градация, спецификация, соответствие, несоответствия, дефект, зона несоответствия.
3. Виды несоответствий. Классификация дефектов. Виды брака. Ремонт, переделка, снижение градации.
4. Сущность измерений, контроля и испытаний, их взаимосвязь. Цели, объекты, результаты и т.д.
5. Сущность и цели контроля качества продукции. Объект, средство, метод, система контроля.
6. Виды контроля по стадиям создания и существования продукции. Входной контроль продукции: цель, задачи, номенклатура продукции, условия. Порядок проведения входного контроля.
7. Виды контроля по стадиям создания и существования продукции. Операционный контроль. Типы контрольных карт.
8. Виды контроля по стадиям создания и существования продукции. Контроль готовой продукции. Контроль хранения. Инспекционный и летучий контроль.
9. Виды контроля по стадиям создания и существования продукции. Контроль транспортирования. Эксплуатационный контроль.
10. Виды контроля по стадиям создания и существования продукции. Утилизация.
11. Контролепригодность технических объектов и ее обеспечение.
12. Виды контроля по полноте охвата продукции. Производственная партия, контролируемая партия, выборка, генеральная совокупность.

13. Виды выборочного контроля: одноступенчатый, двухступенчатый, многоступенчатый, последовательный. Летучий, непрерывный и периодический контроль.
14. Основные методы выборочного контроля - по альтернативному (качественному) и количественному признаку. Разбраковка.
15. Методы формирования партий и выборок продукции. Виды выборок. Способы поступления продукции на контроль.
16. Методы формирования партий и выборок продукции. Методы формирования выборок.
17. Ошибки первого и второго рода, возникающие при контроле.
18. Типовая структура и задачи отдела технического контроля. Функции и взаимосвязь с другими подразделениями предприятия.
19. Понятие о видах и методах неразрушающего контроля, их эффективность. Предъявляемые требования. Организации неразрушающего контроля. Требования к квалификации персонала осуществляющего НК.
20. Оптические методы контроля близкорасположенных, удаленных и скрытых объектов. Фотоэлектрический и тепловой контроль объектов.
21. Капиллярная дефектоскопия.
22. Магнитные методы контроля.
23. Токовихревой контроль.
24. Радиационный контроль.
25. Акустический контроль.
26. Сущность испытаний продукции. Объекты, средства, методы, результаты, система испытаний. Категории испытаний и их основные признаки.
27. Категории испытаний по назначению: исследовательские, контрольные, сравнительные и определительные испытания.
28. Категории испытаний по уровню проведения: государственные, межведомственные, ведомственные. Государственные испытания средств измерений.

29. Категории испытаний по этапам разработки продукции: доводочные, предварительные, приемочные. Разработка и постановка продукции на производство и место в ней предварительных испытаний.

30. Категории испытаний по этапам разработки продукции: доводочные, предварительные, приемочные. Разработка и постановка продукции на производство и место в ней приемочных испытаний.

31. Испытания готовой продукции. Постановка продукции на производство, освоение производства и место в них квалификационных испытаний.

32. Испытания готовой продукции. Предъявительские и приемосдаточные испытания.

33. Испытания готовой продукции. Периодические, инспекционные, типовые, аттестационные, сертификационные испытания.

34. Категории испытаний по условиям и месту проведения: лабораторные, стендовые, полигонные, натурные испытания. Испытания с использованием моделей. Эксплуатационные испытания.

35. Категории испытаний по продолжительности: нормальные, ускоренные, сокращенные испытания.

36. Категории испытаний по результату воздействия: испытания на прочность, испытания на устойчивость.

37. Категории испытаний по видам определяемых характеристик объектов. Испытания на надежность.

38. Категории испытаний по видам определяемых характеристик объектов. Испытания на безопасность. Испытания на транспортабельность.

39. Категории испытаний по видам определяемых характеристик объектов. Функциональные, граничные, технологические испытания.

40. Категории испытаний по видам определяемых характеристик объектов. Испытания на безопасность и транспортабельность.

41. Понятие и классы внешних воздействующих факторов. Категории испытаний в зависимости от ВВФ.

42. Механические ВВФ средства испытаний на их воздействия.
43. Климатические ВВФ средства испытаний на их воздействия.
44. Биологические ВВФ средства испытаний на их воздействия.
45. Радиационные (ионизирующие) ВВФ средства испытаний на их воздействия.
46. ВВФ электромагнитных полей средства испытаний на их воздействия.
47. ВВФ специальных средств испытаний на их воздействия.
48. Термические ВВФ средства испытаний на их воздействия.
49. Планирование испытаний. Программа и методика испытаний.
50. Планирование испытаний. Методы испытаний и их валидация.
51. Планирование испытаний. Подготовка средств испытаний: управление испытательным оборудованием.
52. Планирование испытаний. Отбор образцов для испытаний.
53. Проведение испытаний. Регистрация и оформление результатов испытаний. Протокол испытаний.
54. Технические требования, предъявляемые к аккредитованным испытательным лабораториям: организационная структура, система менеджмента, управление документацией.
55. Технические требования, предъявляемые к аккредитованным испытательным лабораториям: общие положения, персонал, производственные условия и условия окружающей среды.
56. Технические требования, предъявляемые к аккредитованным испытательным лабораториям: управление учетно-отчетными документами, внутренние аудиты, анализы, проводимые руководством
57. Технические требования, предъявляемые к аккредитованным испытательным лабораториям: методы испытаний и валидация методов.
58. Виды испытательного оборудования. Метрологическое подтверждение испытательного оборудования.
59. Аттестация испытательного оборудования. Первичная аттестация.

60. Аттестация испытательного оборудования. Периодическая аттестация.
61. Аттестация испытательного оборудования. Внеочередная аттестация
62. Калибровка испытательного оборудования.
63. Понятие валидации метода испытаний. Основные валидационные характеристики.
64. Верификация методов испытаний. Способы реализации.
65. Понятия валидации и верификации. Способы и объекты валидации и верификации в испытаниях
66. Технические требования, предъявляемые к аккредитованным испытательным лабораториям: оборудование, прослеживаемость измерений.
67. Технические требования, предъявляемые к аккредитованным испытательным лабораториям: отбор образцов, погрузочно-разгрузочные операции и транспортировка испытываемых образцов.
68. Технические требования, предъявляемые к аккредитованным испытательным лабораториям: рассмотрение запросов, тендеров и договоров, заключение договоров с субподрядчиками на выполнение испытаний и калибровок, приобретение услуг и материалов
69. Технические требования, предъявляемые к аккредитованным испытательным лабораториям: обеспечение качества результатов испытаний, представление отчетов о результатах.
70. Применение показателей точности (правильности и прецизионности) в практике испытательных лабораторий.
71. Планирование и организация внутрилабораторных экспериментов. Виды экспериментов и обработка их результатов.
72. Контроль стабильности результатов и методов испытаний в аккредитованной испытательной лаборатории. Контрольные карты.
73. Межлабораторные сличительные эксперименты. Цели, организация, обработка результатов.

74. Проверка квалификации аккредитованных лабораторий. Цели, основные этапы и виды проверок.

75. Проверка квалификации аккредитованных лабораторий. Ограничение неопределенности приписанного значения.

76. Проверка квалификации аккредитованных лабораторий. Основные количественные показатели для оценки (статистики функционирования)

77. Проверка квалификации аккредитованных лабораторий. Основные критерии и модели.

Ⅴ. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

Учебная программа

Министерство образования Республики Беларусь

Учебно-методическое объединение по образованию

в области обеспечения качества

1 Диагностика компетенций студента

Оценка уровня знаний студента производится по десятибалльной шкале.

Для оценки достижений студента рекомендуется использовать следующий диагностический инструментарий:

- устный опрос во время практических занятий;
- проведение текущих контрольных работ (заданий) по отдельным темам;
- защита выполненных на практических занятиях индивидуальных заданий;
- выступление студента на конференции по подготовленному реферату;
- защита курсовой работы;
- сдача экзамена.

Изучение дисциплины «Контроль и испытания продукции» рассчитано максимально на 107 часов, в том числе 50 часов аудиторных занятий.

Примерное распределение аудиторных часов по видам занятий:

лекции – 34 часа;

практические занятия – 16 часов.

Примерный тематический план дисциплины

Наименование темы	Лекции (часы)	Практические занятия (часы)	Всего аудиторных часов
1	2	3	4
Раздел I. Основные положения в области контроля качества и испытаний продукции			
Тема 1. Продукция и ее возможные несоответствия	2	-	2
Тема 2. Сущность измерений, испытаний, контроля и диагностики продукции, их взаимосвязь	2	2	4
Раздел II. Виды и методы контроля продукции			
Тема 3. Систематизация видов контроля по основным признакам	2	-	2
Тема 4. Виды контроля по стадиям создания и существования продукции	2	-	2
Тема 5. Виды контроля по полноте охвата единиц продукции	2	2	4
Тема 6. Виды контроля по влиянию на объект контроля	4	-	4
Раздел III. Организация технического контроля качества на предприятиях			
Тема 7. Структура и функции отдела технического контроля	2	2	4
Тема 8. Формирование доверия к результатам контроля	2	2	4
Раздел IV. Виды и методы испытаний продукции			
Тема 9. Систематизация видов испытаний по основным признакам	2	2	4
Тема 10. Категории испытаний по видам воздействия внешних факторов	4	-	4
Тема 11. Категории испытаний по этапам разработки и изготовления продукции	2	2	
Раздел V. Организация и проведение испытаний			
Тема 12. Процесс планирования и проведения испытаний	4	2	6
Тема 13. Требования к компетентности испытательных лабораторий	2	-	2
Тема 14. Формирование доверия к результатам испытаний	2	2	4
ВСЕГО	34	16	50

2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел I. Основные положения в области контроля качества и испытаний продукции

Тема 1. Продукция и ее возможные несоответствия

Понятие и категории продукции в контексте терминологии качества (стандарт СТБ ISO 9000), в контексте терминологии надежности. Классификация процессов жизненного цикла продукции. Описание свойств и категорий продукции.

Требования, соответствия, несоответствия, зоны несоответствия. Основные виды несоответствий технической продукции - дефект, отказ, неисправность. Виды брака. Классификация дефектов.

Тема 2. Сущность измерений, испытаний, контроля и диагностики продукции, их взаимосвязь

Назначение и сущность измерений, испытаний, контроля и диагностики как процессов оценивания качества продукции, общие принципы их проектирования. Цели, объекты, методики, ресурсы, результаты измерений, испытаний, контроля и диагностики. Основные проблемы проектирования процессов контроля и испытаний. Моделирование процессов измерений, испытаний, контроля и диагностики продукции на основе программно-целевого управления. Взаимосвязи между входами и выходами процессов.

Раздел II. ВИДЫ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ПРОДУКЦИИ

Тема 3. Систематизация видов контроля по основным признакам

Контроль качества продукции как процесс проверки соответствия свойств объекта установленным требованиям. Элементы системы технического контроля: исполнители, объекты, средства контроля, нормативная документация. Контролируемый признак. Метод контроля. Результат контроля.

Общая классификация видов контроля. Классификация контроля по применению средств контроля: измерительный, регистрационный, органолептический.

Тема 4. Виды контроля по стадиям создания и существования продукции

Производственный, входной, операционный, приемочный, хранения, транспортирования, эксплуатационный, инспекционный контроль. Цели, организация, порядок проведения, оформление результатов.

Контроль в процессе эксплуатации – непрерывный, периодический и эпизодический. Опытная и подконтрольная эксплуатация. Контролепригодность технических объектов и ее обеспечение. Контрольная точка. Приспособленность к диагностированию и ее количественные показатели. Диагностические модели. Общие требования к обеспечению контролепригодности изделий в части их приспособленности к диагностированию.

Тема 5. Виды контроля по полноте охвата единиц продукции

Сплошной и выборочный контроль. Статистический контроль. Производственная и контролируемая партии продукции. Выборка. Виды выборок. Планы контроля. Контроль с разбраковкой.

Виды выборочного контроля. Одноступенчатый, двухступенчатый, многоступенчатый, последовательный. Непрерывный одностадийный и многостадийный контроль. Серийный контроль. Контроль с пропуском партий. Инспекционный контроль.

Основные методы выборочного контроля - по альтернативному (качественному) и по количественному признакам, общий алгоритм, преимущества, недостатки.

Методы формирования партий и выборок продукции. Принципы формирования контролируемой партии. Процесс формирования выборки. Способы отбора единиц продукции в выборку: случайный, типический (расслоенный) и направленный (преднамеренный). Способы представления продукции на контроль: «ряд», «россыпь», «поток», «в упаковке» и их особенности. Методы случайного отбора – с применением случайных чисел, «вслепую», многоступенчатый, систематический.

Риски, возникающие при контроле. Оперативная характеристика плана статистического контроля. Приемочное и браковочное числа.

Тема 6. Виды контроля по влиянию на объект контроля

Сущность разрушающих и неразрушающих методов контроля, области применения, возможности и эффективность. Организации неразрушающего контроля, их основные цели и задачи. Основные требования к квалификации персонала осуществляющего неразрушающий контроль.

Визуально-оптические методы контроля. Особенности зрительного восприятия объектов. Методы и средства контроля близкорасположенных, удаленных и скрытых объектов. Тепловые методы контроля.

Капиллярная дефектоскопия. Магнитопорошковый метод контроля. Вихретоковый контроль. Акустические и ультразвуковые методы, течеискание. Рентгеновские методы.

Раздел III. ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

Тема 7. Структура и функции отдела технического контроля

Типовое положение об отделе технического контроля предприятия. Структура служб ОТК, их состав права и обязанности. Организация и проведение входного, операционного и приемочного контроля качества. Контроль за состоянием технического оборудования, оснастки, измерительного инструмента. Пути совершенствования процессов контроля (типизация процессов контроля, как составной части входного контроля, оптимизация форм и методов контроля). Информационное обеспечение контроля.

Органы государственного надзора. Порядок проведения надзора, оформление результатов. Ведомственный контроль, его суть и задачи в повышении качества продукции. Взаимоотношения служб государственного надзора и работников ведомственного контроля с работниками ОТК и службы управления качеством.

Тема 8. Формирование доверия к результатам контроля

Доверие как комплексный показатель зрелости контроля, включающий доверие к организации процесса контроля и доверие к методам и средствам контроля.

Критерии оценки качества изделий. Достоверность результатов контроля. Риски поставщика и потребителя. Ошибки первого и второго рода, возникающие при измерительном контроле. Принятие решений по результатам контроля параметров продукции. Результат контроля, основанный на регистрации событий. Результат контроля как оценка измеряемой величины. Повышение доверия к результатам контроля.

Раздел IV. ВИДЫ И МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ ПРОДУКЦИИ

Тема 9. Систематизация видов испытаний по основным признакам

Испытание как процесс экспериментального исследования и оценивания свойств продукции. Составные элементы системы испытаний: объекты, средства испытаний, исполнители, условия и методики.

Классификация испытаний по назначению, уровню проведения, этапам разработки продукции, готовой продукции, условиям и месту проведения, продолжительности, виду воздействия, результату воздействия, определяемым характеристикам объекта.

Тема 10. Категории испытаний по видам воздействия внешних факторов

Классификация внешних воздействующих факторов. Механические испытания. Основные группы механических внешних воздействующих факторов. Средства испытаний, применяемые при механических испытаниях.

Климатические испытания. Основные группы климатических воздействующих факторов. Средства испытаний, применяемые при климатических испытаниях.

Испытания продукции на надежность. Основные понятия теории надежности. Классификация технических объектов при оценке их надежности. Отказы и их классификация. Количественная мера надежности

технических объектов и сложных систем. Период нормальной эксплуатации. Надежность системы. Методы испытаний на надежность.

Испытания средств измерений на метрологическую надежность. Методы ориентировочной оценки первичных межповерочных интервалов по нормируемым показателям надежности эталонов.

Комплексные испытания. Вероятность одновременного действия внешних факторов в реальных условиях эксплуатации изделий. Эффективность комплексного воздействия внешних факторов. Испытание на комплексное воздействие вибрации и повышенной (пониженной) температуры среды. Испытание на комплексное воздействие вибрации, пониженной температуры и повышенной влажности среды. Испытание на комплексное воздействие одиночных ударов и пониженной (повышенной) температуры среды.

Тема 11. Категории испытаний по этапам разработки и изготовления продукции

Исследование и обоснование разработки продукции. Испытание макетов и моделей.

Этапы разработки продукции - разработка технической документации, изготовление и испытание опытных (головных) образцов (опытных партий) продукции.

Предварительные и приемочные испытания опытного образца (опытной партии) продукции. Испытания опытных (головных) образцов (опытных партий) продукции. Виды приемочных испытаний - лабораторно-стендовые, стендовые, полигонные, контрольно-летные, эксплуатационные или эксплуатацию под наблюдением. Представляемая документация.

Постановка продукции на производство. Квалификационные испытания образцов установочной серии.

Раздел V. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ

Тема 12. Процесс планирования и проведения испытаний

Составление годовых и квартальных планов проведения испытаний. План-график испытаний. Разработка программы испытаний. Структура программы испытаний.

Подготовка средств испытаний. Метрологический контроль испытательного оборудования. Нормативная база, касающаяся метрологического контроля технических средств испытаний, и направления ее развития. Виды аттестации испытательного оборудования: первичная, периодическая и внеочередная.

Разработка методики (методик) испытаний и их аттестация. Структура методики испытаний. Аттестат методики. Отбор образцов для испытаний. Протокол испытаний.

Тема 13. Требования к компетентности испытательных лабораторий

Область применения и основные положения СТБ ИСО/МЭК 17025. Требования к руководству работой. Организационная структура и система менеджмента испытательной лаборатории. Управление документацией. Рассмотрение запросов, тендеров и договоров. Заключение договоров с субподрядчиками на выполнение испытаний. Приобретение услуг и материалов. Предоставление услуг заказчику. Претензии. Устранение несоответствий. Улучшение, корректирующие и предупреждающие действия. Внутренние аудиты.

Технические требования: персонал, производственные условия и условия окружающей среды, методы испытаний, калибровок и валидация методов, оборудование, прослеживаемость измерений, отбор образцов, погрузочно-разгрузочные операции и транспортировка испытываемых и калибруемых образцов, обеспечение качества результатов испытаний и

калибровок, представление отчетов о результатах. Сертификационные испытания.

Тема 14. Формирование доверия к результатам испытаний

Доверие как комплексный показатель зрелости испытаний, включающий доверие к организации процесса испытаний и доверие к методам и средствам испытаний.

Статистическая модель результата испытания. Общее среднее значение значения результата. Лабораторная составляющая смещения. Член ошибки.

Современные подходы к оцениванию точности результатов испытаний. Основные положения и область применения СТБ ИСО 5725. Факторы изменчивости результатов испытаний.

Система показателей точности (правильности и прецизионности) результатов испытаний. Условия и оценки прецизионности. Показатели правильности. Использование показателей точности на практике.

3 ИНФОРМАЦИОННО–МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Сущность измерений, испытаний, контроля и диагностики продукции, их взаимосвязь.
2. Систематизация видов контроля по основным признакам.
3. Виды контроля по полноте охвата единиц продукции.
4. Структура и функции отдела технического контроля
5. Формирование доверия к результатам контроля
6. Систематизация видов испытаний по основным признакам
7. Процесс планирования и проведения испытаний
8. Формирование доверия к результатам испытаний

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ КУРСОВЫХ РАБОТЫ

Целью курсовой работы является закрепление знаний, полученных в ходе изучения дисциплины. Курсовая работа представляет собой

проектирование процессов контроля, испытаний и(или) технической диагностики продукции.

1. Проектирование процесса контроля и испытаний оптоэлектронной аппаратуры.

2. Проектирование процесса испытаний на безопасность бытовых и аналогичных электрических приборов.

3. Проектирование процесса контроля и испытаний охранных (пожарных) извещателей.

4. Проектирование процесса контроля и испытаний радиоизмерительной аппаратуры.

5. Проектирование процесса контроля и испытаний гидроаккумуляторов.

Курсовая работа включает разделы:

1. Нормативное обеспечение контроля и испытаний объекта

1.1 Структура объекта контроля и испытаний и его основные характеристики

1.2 Подбор и анализ нормативных документов, касающихся объекта контроля (испытаний)

2. Технические средства и методики контроля

2.1 Виды и методы контроля и/или испытаний объекта

2.2 Описание методики проведения контроля (испытаний)

3. Расчетно-аналитическая часть. Обработка и оценивание точности результатов контроля (испытаний)

ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА РЕФЕРАТОВ

1. Современные направления развития неразрушающих методов контроля.

2. Разрушающие методы контроля на современном этапе.

3. Подходы к классификации продукции.

4. Испытания программных средств.

5. Надежность программных средств.

6. Научные исследования в области оценивания точности и достоверности результатов контроля.
7. Проблемы взаимного признания результатов испытаний.
8. Развитие концепции неопределенности применительно к контролю и испытаниям.
9. Международные организации неразрушающего контроля и испытаний продукции.

Заключение

Целевая направленность книги — системное обеспечение заданного уровня доверия к результатам контроля и испытаний продукции.

Для достижения поставленных целей сформирована единая структура подачи материала применительно как к процессам контроля, так и процессам испытаний в соответствии со схемой: «онтология ключевых понятий (измерение, испытание, контроль) → система обеспечения целей → объекты → материально-техническая база → организационно-методическая база». На основе анализа действующих нормативных документов систематизированы понятия продукции и ее несоответствий, виды и методы контроля и испытаний, подходы к организации их проведения. Рассмотрены методы обработки результатов и оценивания их точности, подходы к валидации и верификации. Обоснована концепция двухуровневого моделирования процессов измерений, контроля и испытаний, позволяющая обеспечить заданный уровень доверия к результатам с учетом затрат.

Разнообразие видов продукции, увеличение объемов мирового производства обуславливает ужесточение мер по повышению ее безопасности и конкурентоспособности на рынке. Такими мерами, в том числе являются контроль и испытания продукции на всех этапах жизненного цикла. Поскольку продукция может представлять собой не только материализованный результат труда, но и программные средства и услуги для удовлетворения разнообразных личных, общественных и производственных потребностей разрабатывается соответствующее информационное, нормативное, организационно-методическое и метрологическое обеспечение для оценки соответствия продукции установленным требованиям. Анализ сущности понятий измерения, контроля и испытаний позволяет сделать вывод, что это взаимосвязанные параллельно-последовательные процессы, предназначенные для исследований и оценки качества продукции. Нормативно-методическая база данных процессов постоянно расширяется.

Так помимо производства и эксплуатации в настоящее время уделяется внимание этапу утилизации продукции.

Для решения проблемы обеспечения заданной степени доверия к результату измерения (контроля, испытания) рационально подключить системный анализ как «методологию решения крупных проблем». Процессный механизм решения проблемы предполагает, что одновременно с целенаправленными преобразованиями свойств объекта появляются и накапливаются так называемые «потери качества», основной причиной которых является неизбежная вариация свойств участвующих в преобразовании ресурсов. Следовательно, выявление и структуризацию влияющих факторов следует производить в соответствии со структурой процесса, формирующего конечный результат деятельности системы. Очевидно, что необходимым условием обеспечения целостности модели измерительной задачи является корректно построенная модель процесса измерения как системы. С позиций стандартов ISO серии 9000 результативностью процесса формально можно управлять по двум направлениям: 1) через структуру процесса (организационная составляющая процесса); 2) через качество ресурсов, участвующих в преобразовании или добавления ценности (техническая составляющая процесса). В нашем случае в роли организационной составляющей, планирующей, обеспечивающей, реализующей процесс измерения в управляемых условиях и постоянно совершенствующей его выступает, например, аккредитованная измерительная (испытательная) лаборатория. В роли технической составляющей выступают элементы процесса измерения (испытания) методики, измерительное оборудование, персонал, условия и т.д. Эти две составляющие оценки представляют собой единое целое, обеспечивающее достаточную для данного этапа развития общества степень доверия к протоколам измерений (испытаний). В данной книге внимание сконцентрировано на технической составляющей — собственно измерительном процессе.

СОГЛАСОВАНО

Председатель Учебно-методического
объединения по образованию
в области обеспечения качества

_____ П.С.Серенков

СОГЛАСОВАНО

Начальник Управления
высшего образования
Министерства образования
Республики Беларусь

_____ С.И. Романюк

СОГЛАСОВАНО

Проректор по научно-методической
работе Государственного
учреждения образования
«Республиканский институт высшей
школы»

_____ И.В. Титович

Эксперт-нормоконтролер
