

Белорусский национальный технический университет

Приборостроительный факультет

Кафедра «Стандартизация, метрология и информационные системы»

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой

_____ П. С. Серенков

СОГЛАСОВАНО

Декан факультета

_____ А.И. Свистун

**Электронный учебно-методический комплекс
по учебной дисциплине**

«Метрологическая экспертиза и нормоконтроль»

для магистрантов специальности 7-06-0716-01 «Обеспечение качества»

Составители: Спесивцева Юлия Борисовна,
Цитович Борис Васильевич

Рассмотрено и утверждено на заседании совета приборостроительного
факультета протокол № 4 от 30.12.2024

Минск
БНТУ
2025

Перечень материалов

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) по дисциплине «Метрологическая экспертиза и нормоконтроль» (*Legislative and applied Metrology*): содержит материалы для теоретического изучения учебной дисциплины, представленные учебным пособием «Метрологическая экспертиза и нормоконтроль», контрольные вопросы к экзамену и самостоятельной подготовке по учебной дисциплине, перечень основной и дополнительной литературы.

Пояснительная записка

Целью ЭУМК по дисциплине «Метрологическая экспертиза и нормоконтроль» является формирование у магистрантов комплекса знаний по изучаемой учебной дисциплине, соответствующих академическим, социально-личностным и профессиональным компетенциям специалиста в рамках образовательного стандарта для специальности 7-06-0716-01 «Обеспечение качества».

Особенностями структурирования и подачи учебного материала являются изучение следующих теоретических материалов:

общие цели, задачи и состав метрологической и стандартизационной экспертизы;

общие принципы метрологической и стандартизационной экспертизы;

структура и организация нормоконтроля;

неконтролепригодность требований, возможные причины и рекомендации по устранению;

назначение и порядок построения метрологических схем;

метрологическая экспертиза объектов на базе конструкторской и технологической документации;

метрологическая и стандартизационная экспертиза средств измерений и метрологических процедур;

особенности экспертизы нормативной документации;
 типовые ошибки, выявляемые при экспертизе.

Раздел контроля знаний содержит вопросы к экзамену.

Рекомендации по организации работы с ЭУМК:

для успешного усвоения материала изучаемой учебной дисциплины и приобретения практических навыков необходимо изучить учебно-методическое пособие, для проверки полученных знаний рекомендуется воспользоваться контрольными вопросами. Материалы ЭУМК можно использовать при выполнении магистерских диссертаций, связанных с метрологией, стандартизацией, нормированием точности параметров.

Оглавление

I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	5
1. ВВЕДЕНИЕ. ПОНЯТИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ И СТАНДАРТИЗАЦИОННОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ	5
2. ОБЩИЕ ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ И СОСТАВ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ И СТАНДАРТИЗАЦИОННОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ	18
3. УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ МЕТОДАМИ СТАНДАРТИЗАЦИИ И МЕТРОЛОГИИ	45
4. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ И СТАНДАРТИЗАЦИОННОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ	63
5. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СТАНДАРТИЗАЦИОННОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ	79
5.1. Основные принципы стандартизации объектов.....	79
5.2. Требования к объектам, проверяемые в ходе стандартизационной экспертизы.....	93
6. ПРОВЕДЕНИЕ НОРМОКОНТРОЛЯ	99
6.1. Структура и состав нормоконтроля.....	99
6.2. Права и обязанности нормоконтролера.....	107
6.3. Нормоконтроль проектов нормативных документов.....	110
7. НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ	113
7.1. Требования к методикам выполнения измерений.....	113
7.2. Задачи измерений и методы назначения допустимой погрешности измерений.....	118
7.3. Метрологическое моделирование и использование метрологических моделей при экспертизе... ..	129
7.4. Использование моделей при метрологической экспертизе.....	138
8. НЕКОНТРОЛЕПРИГОДНОСТЬ ПАРАМЕТРОВ. ПРИЧИНЫ НЕКОНТРОЛЕПРИГОДНОСТИ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ЕЕ УСТРАНЕНИЯ	148
9. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ, РЕГЛАМЕНТИРУЮЩИХ МЕТРОЛОГИЧЕСКУЮ ЭКСПЕРТИЗУ	166
10. МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА ОБЪЕКТОВ НА БАЗЕ КОНСТРУКТОРСКОЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ	202
10.1. Постановка и решение задач метрологической экспертизы изделий на базе конструкторской документации.....	202
10.2. Постановка и решение задач метрологической экспертизы объекта на базе технологической документации.....	212
11. СТАНДАРТИЗАЦИОННАЯ И МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ	218
11.1. Особенности экспертизы нормативных документов.....	218
11.2. Экспертиза проектов стандартов.....	222
11.3. Экспертиза технических условий.....	226
12. МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ И СТАНДАРТИЗАЦИОННАЯ ЭКСПЕРТИЗА МАТЕРИАЛОВ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	230
13. МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ И СТАНДАРТИЗАЦИОННАЯ ЭКСПЕРТИЗА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ И МЕТОДИК ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ	250
14. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ И НОРМОКОНТРОЛЬ	259
15. ОРГАНИЗАЦИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ И СТАНДАРТИЗАЦИОННОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ	263
15.1. Подготовка экспертизы.....	263
15.2. Централизованная и децентрализованная организация экспертизы.....	273
15.3. Формализация при подготовке и проведении экспертизы.....	276
16. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ И СТАНДАРТИЗАЦИОННОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ	282
17. ТИПОВЫЕ ОШИБКИ, ВЫЯВЛЯЕМЫЕ В ХОДЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ И СТАНДАРТИЗАЦИОННОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ	294
18. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ И СТАНДАРТИЗАЦИОННОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ	307
II. КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ	329
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	331

I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1. ВВЕДЕНИЕ. ПОНЯТИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ И СТАНДАРТИЗАЦИОННОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

Экспертиза (от лат. *expertus* – опытный) представляет собой процесс исследования объекта специалистом, и, как правило, проводится по заказу. Из художественной литературы и средств массовой информации известны судебно-медицинская, трассологическая, почерковедческая, психиатрическая, научно-техническая экспертизы. Целью экспертизы может быть идентификация объектов (предметов или явлений), их оценка, выявление причин случившегося события, анализ достоинств и недостатков объекта.

Хорошо организованная экспертиза представляет собой научное исследование объектов, проводимое с определенной четко поставленной целью и имеющее типичную для исследования структуру (рисунок 1.1).

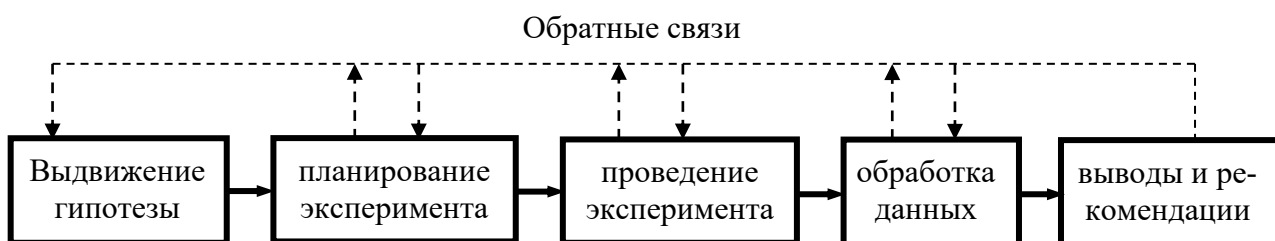


Рисунок 1.1 – Схема исследования

Например, выдвинута гипотеза о возможности того, что обнаруженная на месте преступления пуля выпущена из данного оружия. Методика исследования состоит в сравнении найденной пули с пулей, выпущенной из данного оружия и обнаружении сходных или различающихся признаков. Эксперимент включает выстрел с сохранением на пуле следов ствола (пулю выпускают в мягкий или сыпучий материал во избежание избыточной деформации). Обработка данных заключается в сравнении выпущенной пули с найденной на месте преступления, например с использованием микроскопа сравнения, для обнаружения характерных признаков двух пуль и оценке их

сходства или различий. Вывод подразумевает утверждение о том, что пуля выпущена из данного оружия или из другого.

Как у любого научного исследования можно выделить следующие функции экспертизы: оценочную, объяснительную и прогностическую. Экспертиза может быть направлена на оценку уровня качества объекта и/или его элементов, включая сравнительный анализ нескольких объектов. Экспертиза может исследовать причины тех или иных недостатков объекта (объяснительная функция) и предлагать пути повышения его качества. Так экспертиза случившихся аварий, как правило, направлена на выяснение их причин и предотвращение аналогичных нежелательных событий. Если экспертизу проводят на стадии проектирования объекта, то оценивают еще не созданный объект и анализируют его достоинства и недостатки, следовательно ведущей функцией экспертизы является прогностическая.

Экспертиза завершается экспертным заключением, причем по объему и содержанию эти заключения могут существенно различаться. Иногда от эксперта требуют предельно краткое заключение, например однозначное высказывание типа «соответствует», «удовлетворительно», «5,8 балла», «не эргономично». На основе такого заключения обычно принимают некоторое управляющее решение («признать соответствующим», «забраковать», «пропустить для дальнейшей обработки», «предпочесть аналогу как лучшее» и т.д.). Может быть представлено развернутое заключение с указанием выявленных в ходе экспертизы характерных особенностей объекта, представлением методики их анализа, объяснения причин принятых при экспертизе решений, сделанных предположений и выводов, а также рекомендаций по устранению недостатков объекта.

Результаты экспертизы могут использоваться для совершенствования объекта и/или его производства (реализации). Реакция на результаты экспертизы может существенно различаться: от «мгновенной» до замедленной или отложенной. Если проводят экспертизу объекта собственного производства

(«внутренняя экспертиза»), то зафиксированные недостатки могут быть оперативно устранены, достоинства усугублены, в результате чего объект совершенствуется. При экспертизе покупных объектов реакция изготовителя может вообще отсутствовать. Экспертиза объекта стороннего производства («внешняя экспертиза») часто служит основанием для принятия управляющих решений о его приобретении, использовании, предъявлении рекламаций и других претензий, отказе от приобретения в пользу конкурирующего варианта и т.д.

Экспертиза является обязательной частью любой научной работы. Ее проводят сами авторы исследований, коллеги по работе, специально назначаемые рецензенты и оппоненты. Одной из целей научных совещаний, конференций, симпозиумов является экспертиза или публичная апробация результатов исследований.

Любая техническая экспертиза носит научно-исследовательский характер, поэтому ее часто называют научно-технической. В дальнейшем мы будем использовать термины «экспертиза» и «техническая экспертиза» как краткую форму более полного термина «научно-техническая экспертиза».

Экспертизу могут проводить отдельные специалисты либо группы экспертов, в соответствии с этим различают индивидуальную и групповую экспертизу. Эксперт должен иметь высокую квалификацию в области разработки и применения экспертируемых объектов, а также (желательно) определенную подготовку и опыт проведения соответствующих экспертиз. Высокая квалификация эксперта подразумевает наличие глубоких знаний соответствующей «предметной области», например, метрологии, стандартизации и т.д., знания экспертируемого объекта, полезны также и знания в области организации и проведения экспертизы.

Квалификацию эксперта может подтверждать официальный документ (сертификат, свидетельство, диплом и др.). Если подготовка экспертов в некоторой конкретной области не оформлена на официальном уровне, претен-

дент на звание эксперта может предъявить документы, подтверждающие квалификацию в определенной «предметной области» и результаты выполненных работ. Квалификацию эксперта могут также подтвердить заказчики, с которыми он работал ранее.

Официальный статус эксперта может быть оформлен административным документом (приказ, распоряжение, сертификат и т.д.), или зафиксирован наличием документа о выполнении определенной экспертной работы (договор, соглашение и пр.), если эксперт приглашен «со стороны».

Частными видами или составными частями общей комплексной научно-технической экспертизы объекта являются метрологическая и стандартизационная экспертиза (рисунок 1.2).

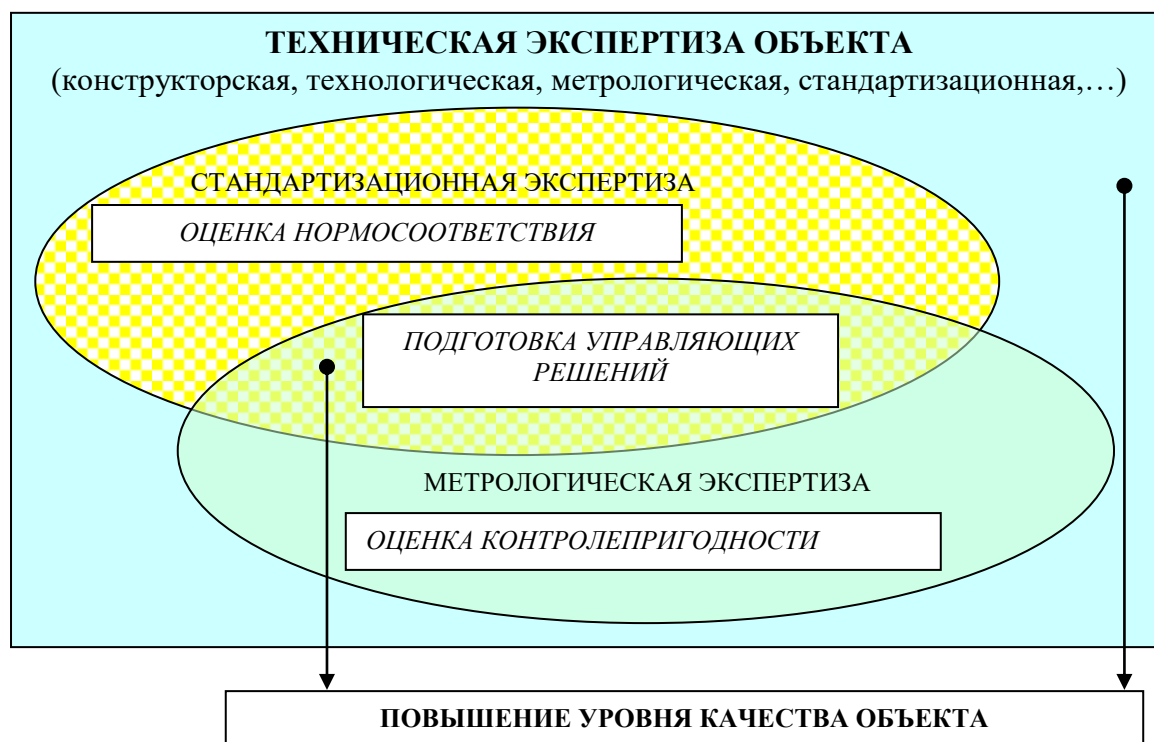


Рисунок 1.2 – Частные и общие цели технической, метрологической и стандартизационной экспертизы объекта

Понятие стандартизационной экспертизы было явочным порядком введено в 1968 году с введением ГОСТ 2.111 – 68. В разделе «Цели и задачи нормоконтроля» первой версии этого стандарта было в явной форме сказано об «экспертизе проектной документации» и «экспертном заключении». Од-

нако термин «стандартизационная экспертиза» практически отсутствует в нормативной документации и литературных источниках, хотя проведение такой экспертизы фактически является обязательным в соответствии с действующими стандартами, регламентирующими нормоконтроль. В изменении №4 ГОСТ 2.111 сказано: *«Нормоконтролер участвует в экспертизе конструкторской документации, поступающей от других организаций».*

Основные требования к нормоконтролю разных объектов регламентированы следующими нормативными документами по стандартизации:

ГОСТ 2.111 – 68 ЕСКД. Нормоконтроль;

ГОСТ 3.1116 – 79 ЕСТД. Нормоконтроль;

ГОСТ 21.002 – 81 СПДС. Нормоконтроль проектно-сметной документации;

Термин «метрологическая экспертиза» (МЭ) впервые был официально введен уже давно отмененным стандартом ГОСТ 8.103–73 «ГСИ. Организация и порядок проведения метрологической экспертизы конструкторской и технологической документации». Этот термин широко используется в нормативных документах и технической литературе.

Основные требования к метрологической экспертизе сегодня регламентированы нормативным документом РМГ 63–2003 «Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Государственная система обеспечения единства измерений. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Метрологическая экспертиза технической документации». Там же сказано, что МЭ включает в себя метрологический контроль, который при определенных условиях может осуществляться вместе с проведением нормоконтроля.

Определение термина «метрологическая экспертиза» приведено в документе РМГ 29 – 99. *Метрологическая экспертиза – анализ и оценивание экспертами-метрологами правильности применения метрологических тре-*

бований, правил и норм, в первую очередь связанных с единством и точностью измерений.

К определению имеется примечание: *«Различают метрологическую экспертизу документации (технических заданий, проектов, конструкторских и технологических документов, различных программ) и метрологическую экспертизу объектов (например, макетов сложных средств измерений, испытательных бассейнов)».*

Анализ примечания показывает, что документация – только форма представления объектов, подвергаемых метрологической экспертизе, а установленные в документации метрологические требования, правила и нормы относятся к самим экспертируемым объектам (изделиям, технологическим процессам и др.). Конструкторские, технологические и другие документы могут быть подвергнуты не метрологической, а стандартизационной экспертизе (нормоконтролю) для проверки их соответствия распространяющимся на них требованиям нормативных документов. Однако в более широком плане стандартизационная экспертиза распространяется на вопросы применения стандартных решений в объектах, представленных документацией (стандартные резьбы, модули зубчатых передач, шпонки, штифты, подшипники и др.).

Общность двух видов экспертных работ (метрологической и стандартизационной экспертизы) объясняется не только общностью методологии экспертной работы, но также неразрывной связью стандартизации и метрологии. Область пересечения метрологической и стандартизационной экспертизы связана, прежде всего, с законодательной метрологией. Стандартизовано множество метрологических понятий, терминов, обозначений и метрологических мероприятий (методики выполнения измерений, метрологической аттестации, поверки и калибровки средств измерений, обработки результатов измерений и др.). Кроме того, любые конструкторские и технологические разработки фактически подлежат метрологической экспертизе, причем при некорректном назначении и оформлении норм (нарушение «нормосоответ-

ствия») оценка их контролепригодности становится сомнительной или невозможной.

Формальное сопоставление понятий «контроль» и «экспертиза» позволяет выявить их сходство и различия. Если исходить из того, что *контроль* – проверка выполнения установленных требований, а *экспертиза* – работа специалиста высокой квалификации, направленная на оценку некоторого объекта, то противоречий между этими понятиями нет, поскольку принципиально различны основания классификаций. Однако контроль имеет жестко установленную цель (проверка соблюдения установленных норм) и заканчивается одним из выводов на альтернативном противопоставлении типа «годно – брак», «выполнено – не выполнено», «соблюдается – нарушается». Из сказанного понятно, что «нормоконтроль», который проводится экспертом-стандартизатором и предусматривает подготовку экспертного заключения в виде замечаний и предложений эксперта, **фактически является стандартизационной экспертизой.**

Метрологический контроль по аналогии с нормоконтролем представляет собой усеченный вариант метрологической экспертизы, причем его отличительной особенностью является альтернативное заключение в форме ответа на вопросы о соответствии/несоответствии объекта требованиям контролепригодности его параметров.

В РМГ 63 – 2003 сказано, что *«Метрологическая экспертиза является частью комплекса работ по метрологическому обеспечению и может являться частью технической экспертизы конструкторской, технологической и проектной документации».* Там же представлены цели метрологической экспертизы.

Основная цель метрологической экспертизы — достижение эффективности метрологического обеспечения, выполнение общих и конкретных требований к метрологическому обеспечению наиболее рациональными методами и средствами.

Конкретные цели метрологической экспертизы определяются назначением и содержанием технической документации...

Анализ этих целевых установок показывает, что «основная цель» метрологической экспертизы недостижима из-за слишком широкой постановки (это цель усовершенствования или оптимизации метрологического обеспечения), а установление «конкретных целей» неправомерно связано с содержанием экспертируемых объектов (с тем же успехом учебник определяет цели читателя или напиток определяет цели его потребителя).

В ранее действовавших нормативных документах (например, в МИ 1325–86 «Методические указания. ГСИ. Метрологическая экспертиза конструкторской и технологической документации. Основные положения и задачи») цель метрологической экспертизы формулировалась несколько иначе – *обеспечение эффективности контрольно-измерительных операций на всех стадиях «жизни» изделия от его проектирования до изготовления и эксплуатации.*

Фактически «глобальная цель» метрологической и стандартизационной экспертизы заключается в **повышении уровня качества объекта**, причем возможности эксперта существенно ограничены (применимы только средства метрологии и стандартизации). Для достижения подобной цели в полном объеме необходимо проводить всестороннюю научно-техническую экспертизу объекта и решать возникающие в ее ходе разнообразные задачи.

Задачи научно-технической экспертизы становятся все сложнее, поскольку постоянное повышение требований рынка к выходным характеристикам новых изделий и процессов (производительности, мощности, надежности, точности, безопасности и др.) заставляет проектировщиков ужесточать требования к применяемым материалам и технологиям, к точности параметров объектов и достоверности их контроля. Для всесторонней экспертизы требуются высококвалифицированные эксперты с очень универсальными знаниями, следовательно, проще было пойти по пути специализации экспер-

тов в конкретных областях. Например, судя по основной надписи на конструкторской документации, при разработке изделий проводятся экспертизы различных направлений, что подтверждается соответствующими подписями: общетехническая (конструкторская) («Проверил»), технологическая («Технологический контроль»), стандартизационная («Нормоконтроль»), а при необходимости добавляется еще и метрологическая экспертиза, места для обозначения которой в основной надписи не нашлось.

Таким образом можно констатировать, что в рамках специализации из технической экспертизы изделий, наряду с обязательно проводимыми конструкторской и технологической экспертизой, были выделены метрологическая и стандартизационная экспертиза как специальные виды экспертных работ в относительно автономных областях (см. рисунок 1.2). Каждую из этих экспертиз следует рассматривать как **составную часть научно-технической экспертизы**, осуществляемую с позиций метрологии или стандартизации.

Хотя концепция специализации привела к разделению нормоконтроля и метрологической экспертизы, они имеют некоторую область пересечения. В определенной степени перекрываются задачи нормоконтроля и метрологической экспертизы, установленные нормативными документами. Например, в ходе МЭ проектов изделий и процессов приходится проверять соблюдение требований, установленных нормативными документами Системы обеспечения единства измерений, и правильность их оформления, поскольку неоднозначно сформулированное требование неконтролепригодно. При нормоконтроле в спорных ситуациях следует анализировать правильность назначения норм точности параметров, определяемых физическими величинами, включая контролепригодность установленных требований. Поэтому при введении метрологической экспертизы как отдельного вида работ были формально предоставлены возможности интеграции, например, проведение нормоконтроля, совмещенного с метрологическим контролем.

Хотя принято говорить, что метрологической экспертизе и нормоконтролю подвергается конструкторская и технологическая документация, это утверждение некорректно, поскольку только формальный нормоконтроль в буквальном смысле является контролем собственно документации. В ходе функционального нормоконтроля и метрологической экспертизы рассматривается содержание конструкции или технологии (контролепригодность предъявляемых требований, оптимальность выбранных решений, в том числе оригинальных и т.п.), значит можно утверждать, что объектом экспертизы является не сам технический документ, а **описываемый им процесс или изделие**. В частности, широко применяемые выражения «метрологическая экспертиза технической документации», «нормоконтроль технической документации» некорректны, поскольку декларируют **подмену цели** экспертной деятельности.

«Глобальная» цель метрологической и стандартизационной экспертизы – повышение качества объекта, а не описывающей его документации, следовательно, работа экспертов с документацией переносится в другую плоскость: вместо проверки документации они вмешиваются в процесс проектирования объекта. В результате эксперт находится в заведомо невыгодном положении, поскольку он вступает в конкуренцию с разработчиком на поле его профессиональной квалификации.

Изделия могут быть представлены на экспертизу техническим заданием, проектной или рабочей конструкторской документацией. Экспертизе можно подвергать сложные изделия и их составные части (сборочные единицы, узлы, сопряжения деталей, детали и их элементы). Метрологическую и стандартизационную экспертизу процессов (изготовления, обработки, сборки, контроля, испытаний, исследований, метрологических мероприятий) осуществляют в основном на базе соответствующей технологической и исследовательской документации. Кроме того, экспертизу стандартных изделий

и процессов можно осуществлять на основе регламентирующей их нормативной документации.

Метрологической и стандартизационной экспертизе может быть подвергнут любой объект, имеющий (описывающий) стандартные элементы и параметры, подлежащие измерительному контролю. С этих позиций на экспертизу могут быть представлены нормативные документы на изделия и процессы, учебная литература, технические справочники и иные информационные источники. Объекты метрологической и стандартизационной экспертизы и формы представления этих объектов показаны на рисунке 1.3.

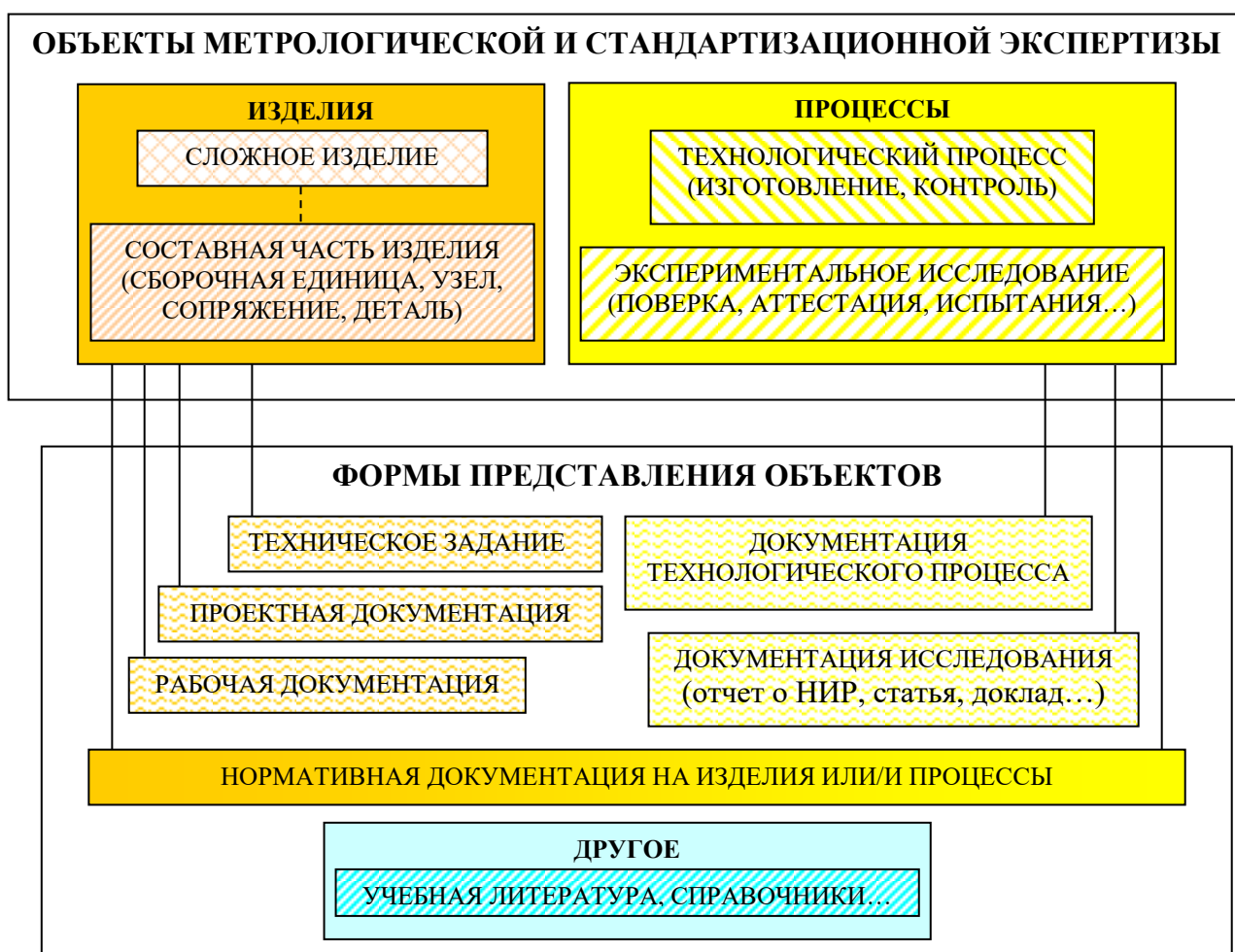


Рисунок 1.3 – Объекты экспертизы и формы их представления

Как было сказано ранее, действующими нормативными документами предусматривается возможность проведения совмещенного метрологическо-

го и стандартизационного контроля объекта. Объединенный метрологический и стандартизационный контроль фактически представляет собой сокращенный вариант совместной метрологической и стандартизационной экспертизы, отвечающей на вопросы о «нормосоответствии» и контролепригодности объекта. Поскольку одновременный метрологический контроль и нормоконтроль представляет собой сложную комплексную работу, должны быть созданы определенные условия для его проведения. Должны быть разработаны методика контроля, методика обработки материалов и требования к оформлению результатов контроля. Кроме того, для проведения совместного метрологического контроля и нормоконтроля необходимо подготовить высококвалифицированных экспертов, глубоко разбирающихся в метрологии и стандартизации.

Исходя из пересечения областей метрологической и стандартизационной экспертизы, вполне логичным представляется разрешить их объединение, которое позволит сократить время работы и исключить дублирование отдельных элементов самостоятельно выполняемых работ. Кроме того, система подготовки экспертов, обеспечивающая наличие систематизированных знаний в обеих областях, позволит им давать по результатам совместной экспертизы комплексное заключение качественно более высокого уровня.

В связи со специфическими особенностями организации и проведения метрологической и стандартизационной экспертизы (метрологического и стандартизационного контроля) как особого вида применения знаний метрологии и стандартизации, появляется необходимость подготовки специалистов в этой области. Это, в частности, привело к появлению учебной дисциплины «Метрологическая экспертиза и нормоконтроль», которая определяет подготовку специалистов в области метрологической и стандартизационной экспертизы. В помощь обучающимся и работающим специалистам выпущена специальная техническая литература [1 – 6]. Однако, хотя методика и организация экспертизы описаны в этой литературе, в ходе проведения метрологи-

ческой и стандартизационной экспертизы специалисты встречаются с большими трудностями, которые обусловлены как недостатками нормативной базы, так и неопределенностью ряда теоретических аспектов метрологии и стандартизации.

Представляемые читателю материалы посвящены рассмотрению теоретических и практических вопросов экспертизы, включая такие, которые пока не нашли должного отражения в научно-технической литературе. Далее рассмотрены принципы подготовки и проведения экспертизы, вопросы методического обеспечения экспертизы и оформления промежуточных и итоговых материалов экспертизы. Представлены результаты анализа возможных причин неконтролепригодности параметров, рассмотрены методы выявления этих причин и рекомендуемые пути устранения неконтролепригодности, описано построение метрологических моделей и затронут ряд других аспектов.

Метрологическая и стандартизационная экспертиза применима в далее изучаемых дисциплинах, ей находится место при работе над курсовыми проектами, а также экспертиза может стать значительной частью дипломного проекта. В будущей работе специалиста по метрологии, стандартизации и сертификации метрологическая и/или стандартизационная экспертиза может занимать центральное место (нормоконтролер, эксперт-метролог), ее результаты могут применяться при разработке нормативных документов, различных метрологических мероприятий. Кроме того, подготовка отзывов на проекты нормативных документов – типичная экспертная работа, с которой достаточно часто сталкиваются все инженерные работники, особенно стандартизаторы.

2. ОБЩИЕ ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ И СОСТАВ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ И СТАНДАРТИЗАЦИОННОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

2.1. Общие цели и задачи метрологической и стандартизационной экспертизы

Рассмотрим общие цели метрологической экспертизы и нормоконтроля и возможности их конкретизации.

Если рассматривать стандартизационную экспертизу (нормоконтроль) и метрологическую экспертизу технических объектов в процессе проектирования, то их «глобальные цели» совпадают с целью общей научно-технической экспертизы (см. рисунок 1.2) и заключаются в **повышении уровня качества проектируемого объекта**. Специфика заключается в том, что достижение этой цели должно осуществляться исключительно методами и средствами стандартизации и метрологии.

Цель метрологической экспертизы можно представить как оценку контролепригодности параметров, точность которых нормирована по возможности близко к оптимальным значениям. Цель нормоконтроля – соблюдение требований нормативных документов по стандартизации и оптимальное применение стандартных и/или унифицированных решений.

Так стандарт, регламентирующий нормоконтроль изделий, в качестве одной из задач упоминает *«достижение в разрабатываемых изделиях необходимого высокого уровня унификации и стандартизации на основе широкого использования ранее спроектированных, освоенных в производстве и стандартизованных изделий, типовых конструкторских и схемных решений»*.

Тут поставлена цель (достижение высокого уровня унификации и стандартизации), для достижения чего необходимо решение таких задач, как замена оригинальных решений более удачными стандартными или унифицированными. Следовательно, наряду с контролем соблюдения стандартов появ-

ляется необходимость функциональной стандартизационной экспертизы, направленной не на документацию, а на проектируемый объект.

В качестве еще одной из задач нормоконтроля зафиксирована задача *«рационального применения ограничительных номенклатур покупных и стандартизованных изделий и их документов, норм (типоразмеров, квалитетов точности, условно-графических обозначений и др.), марок материалов, полуфабрикатов и т. п.»*. Очевидно, что здесь преследуется та же цель, что и в предыдущем случае. Из приведенной формулировки вытекает неограниченное множество задач экспертизы *«изделий и их документов»*, причем критерии удовлетворительного решения задач отсутствуют.

Анализ показывает неопределенность фиксации целей стандартизационной экспертизы в нормативных документах.

Разработчики РМГ 63 определили «основную цель» метрологической экспертизы как *«достижение эффективности метрологического обеспечения, выполнение общих и конкретных требований к метрологическому обеспечению наиболее рациональными методами и средствами»*. Формулировка может рассматриваться как цель метрологического обеспечения, которое принципиально отличается от метрологической экспертизы.

Следующее положение: *«Конкретные цели метрологической экспертизы определяются назначением и содержанием технической документации. Например, конкретной целью метрологической экспертизы чертежей простейших деталей может быть обеспечение достоверности измерительного контроля с оптимальными значениями вероятностей брака контроля 1-го и 2-го рода»* вообще не выдерживает критики.

Будучи пассивным объектом, на который направлено действие, техническая документация не может определять цели экспертизы, которые устанавливает эксперт. Экспертизу *достоверности измерительного контроля с оптимальными значениями вероятностей брака контроля 1-го и 2-го рода*

невозможно осуществить по чертежам деталей, для этого как минимум необходима методика измерительного контроля соответствующего параметра.

В сложившейся на сегодня ситуации следует констатировать, что цели метрологической экспертизы как и цели стандартизационной экспертизы действующими нормативными документами фактически не определены.

В нормативной документации на метрологическую экспертизу однозначно зафиксирована направленность не на документацию, а на представляемый ею объект. Поскольку формальная метрологическая экспертиза должна гарантировать контролепригодность нормированных в документе параметров объекта, заданных физическими величинами, это сразу же выводит эксперта за рамки рассмотрения собственно документации.

Нормативный документ РМГ 63 устанавливает весьма широкий спектр задач, которые фактически направлены на обеспечение оптимальности заложенных проектировщиком решений с позиции метрологического обеспечения. Иными словами, в неявном виде ставится цель **повышения качества** объекта, предъявленного на экспертизу в виде документов, хотя в самом документе неоднократно утверждается, что эксперт-метролог не несет ответственности за качество экспертируемого объекта. Тем не менее, на уровне функциональной экспертизы эксперт-метролог (как и эксперт-стандартизатор) вынужден вмешиваться в процесс проектирования объекта (изделия или процесса).

Более того, в случае отсутствия в документах описаний процессов или операций измерительного контроля, эксперт должен анализировать эффективность не реально разработанных, а «виртуальных» методик выполнения измерений, для чего приходится их предварительно проектировать хотя бы в первом приближении в виде планов или набросков.

Установленные действующими нормативными документами задачи нормоконтроля и метрологической экспертизы частично перекрываются. Поскольку в ходе метрологической экспертизы проверяют возможность кон-

троля требований, в том числе и установленных нормативными документами, приходится определять корректность содержания и оформления этих требований (некорректные требования неконтролепригодны), а это типичные задачи нормоконтроля. Если учесть, что метрологическую экспертизу проводят до стандартизационной, решение таких задач для эксперта-метролога становится необходимостью. С другой стороны при нормоконтроле приходится анализировать возможность обеспечения установленных требований (их выполнимость и контролепригодность). Если эти требования включают нормы точности параметров, определяемых физическими величинами, то нормоконтролеру приходится решать задачи метрологической экспертизы.

Исходя из пересечения областей метрологической и стандартизационной экспертизы, вполне логичным вариантом представляется возможность их объединения, что позволит сократить время работы и исключить дублирование отдельных элементов. Кроме того, признаваемая неразрывность метрологии и стандартизации позволяет создать систему подготовки экспертов, которая обеспечит наличие систематизированных знаний в обеих областях. Такая подготовка экспертов позволит им проводить эффективную совместную метрологическую и стандартизационную экспертизу.

Действующие нормативные документы выделяют из общей технической экспертизы (наряду с конструкторской и технологической экспертизой) относительно автономные области метрологической и стандартизационной экспертизы, либо их объединенную область (см. рисунок 1.2). Такую экспертизу следует рассматривать как **составную часть научно-технической экспертизы**, осуществляемую с позиций метрологии и стандартизации.

Необходимость метрологической и стандартизационной экспертизы объектов, представленных конструкторской, технологической и исследовательской документацией сомнений не вызывает, но проводить ее в соответствии с требованиями нормативных документов «в полном объеме» невозможно. Следовательно, для эффективного проведения экспертизы надо огра-

ничить поставленные в нормативных документах задачи и более корректно определить функции экспертов. Прежде всего, необходимо разделить экспертизу на **формальную**, которую должны проводить специализированные эксперты, и **функциональную**, для проведения которой желательно привлечение разработчиков (конструкторов, технологов, исследователей).

Очевидно, что глобальная цель **функциональной** метрологической и стандартизационной экспертизы – повышение качества объекта методами метрологии и стандартизации. Для достижения такой цели требуется решить неопределенный круг задач, даже предварительная постановка которых невозможна. Однако спектр задач, установленный действующими нормативными документами оказывается еще более широким, поскольку они направлены на обеспечение оптимальности заложенных проектировщиком требований, норм и их контроля. Недостатки нормативных документов приводят к тому, что эксперту приходится **самостоятельно** ставить цели экспертизы, а затем формулировать и решать соответствующие этим целям задачи. Задачи экспертизы более подробно рассмотрены в соответствующих главах.

Конкретные цели метрологической и стандартизационной экспертизы объектов вытекают из ожидаемого от экспертизы эффекта. Цели типа «оптимизировать все параметры и характеристики объекта» очевидно недостижимы и потому их следует рассматривать как некорректно поставленные. Цели экспертизы можно минимизировать, например, ограничить на уровне проверки соблюдения требований нормативных документов и контролепригодности параметров (проверка нормосоответствия и контролепригодности). Цели э можно оптимизировать, например, наряду с обнаружением явных дефектов объекта сделать акцент на выявление предполагаемых слабых мест проектируемого объекта (анализ типовых дефектов) или существенно расширить, то есть дополнить анализом оптимальности наиболее важных функциональных требований (оптимизация параметров и других требований).

Условные уровни таких целевых установок можно назвать минимизированным, оптимизированным и максимизированным. Возможная структура целей экспертизы представлена на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1 – Иерархия целей метрологической экспертизы объекта

Определение конкретной цели (целей) и постановку основных задач экспертизы начинают с требований заказчика экспертизы к ее результатам. Если формальной стандартизационной экспертизе (нормоконтролю) подвергают собственно документацию (конструкторскую, технологическую или другую, в том числе и нормативную), то преследуют цель совершенствования самой документации. Если метрологической и стандартизационной экспертизе подвергают объект, представляемый анализируемыми документами, то экспертиза направлена на совершенствование этого объекта, для чего необходимо получить экспертные оценки его достоинств и недостатков.

Чисто формальный подход к экспертизе в большинстве ситуаций представляется недостаточно рациональным из-за слишком узких рамок, а функ-

циональная экспертиза, направленная на повышение уровня качества проектируемого объекта, предполагает выполнение практически неограниченного объема экспертной работы. Поэтому для каждой конкретной метрологической и/или стандартизационной экспертизы следует **ставить конкретные цели и задачи**, согласовывая их с реальными условиями и имеющимися ресурсами (сложность объекта, ожидаемый от экспертизы эффект, наличие нужного числа экспертов, временные и финансовые ограничения, и др.).

Можно предложить такие формулировки **целей стандартизационной экспертизы** изделий:

- проверить соблюдение **в разрабатываемых документах** распространяющихся на них требований нормативных документов;
- проверить соблюдение **в разрабатываемых изделиях** распространяющихся на них норм и требований, установленных в нормативных документах;
- проверить уровень стандартизации и унификации конструктивных норм (резьб, диаметров, шлицевых соединений, модулей зубчатых колес, допусков и посадок, конусностей и других **элементов изделия**);
- проверить рациональность использования **в изделии** унифицированных решений и установленных на предприятии ограничительных номенклатур стандартизованных изделий, марок материалов, профилей и размеров проката и т. п.

Хотя эти формулировки не привязаны напрямую к представленным выше трем условным уровням целей стандартизационной экспертизы, связи между ними легко просматриваются. Несмотря на отсутствие в формулировках дублирования некоторых положений, подразумевается, что каждая более объемная экспертиза включает в свой состав все или некоторые предыдущие целевые установки.

Две первые цели определяют формальную стандартизационную экспертизу, причем объектом первой является документация, а объектом второй – само изделие.

Возможны и другие формулировки, в том числе с использованием предложенных или их элементов в подходящих комбинациях.

Формулировки **целей метрологической экспертизы** объекта (на трех предложенных иерархических уровнях) могут быть такими:

- проверить корректность предъявляемых к параметрам объекта требований (осуществимость, контролепригодность);
- проверить корректность и удовлетворительный уровень требований к параметрам объекта (правильность предъявления требований, выполнение которых гарантирует нормальное функционирование объекта);
- проверить оптимальность предъявляемых к параметрам объекта требований.

При определении цели экспертизы, прежде всего, следует ответить на вопрос, будет проводиться формальная или функциональная экспертиза. На практике экспертиза почти всегда лежит между двумя экстремальными случаями – между чисто формальной и «полной» функциональной экспертизой. Минимизация экспертной работы достигается при ограничении экспертизы формальным уровнем. Однако такое ограничение можно реально соблюсти только в том случае, если проект не содержит существенных ошибок. Выявление неформальной ошибки разработчика, безусловно, связано с анализом функционирования объекта, при этом экспертиза приобретает черты функциональной. Так происходит объединение формального и функционального подходов (экспертиза, комбинированная по целевым установкам). Любая функциональная экспертиза обязательно включает в себя формальную часть, следовательно, тоже может рассматриваться как «комбинированная».

Глубина функциональной экспертизы может быть разной – от устранения явных дефектов до «полной оптимизации» объекта. На практике прихо-

дится ограничивать экспертизу на некотором компромиссном уровне: с одной стороны, эксперт не может оставить без внимания ошибки разработчика, с другой – поиск малозначимых неявных дефектов и их устранение потребует таких затрат времени и труда, что экспертизу нельзя будет завершить в разумные сроки.

Общие цели метрологической и стандартизационной экспертизы на минимизированном уровне совпадают с целями экспертизы формальной. Экспертиза должна подтвердить, что требования в документации на объект соответствуют требованиям стандартов (в части предъявления и оформления) и выполнимы, а также, что все заданные требования, определяющие свойства объекта, включая его физические параметры, контролепригодны. В основе экспертизы на минимизированном уровне лежит постулат о безошибочности проектных решений разработчика. Исключение могут составлять очевидные ошибки, из-за которых реализация объекта (изготовление работоспособного изделия или выполнение процесса) становится невозможной.

Экспертиза на оптимизированном уровне может ставить под сомнение принятые разработчиком решения. Она направлена на выявление существенных недостатков проектируемого объекта, которые могут помешать реализации и/или функционированию объекта или существенно их затруднить. Квалификация эксперта позволяет обнаружить не только явные ошибки, но и те, которые не столь очевидны непрофессионалу. Обнаружить неявные ошибки разработчика эксперту помогает накопленный опыт экспертиз аналогичных объектов, на основании которого может быть составлен перечень типовых недостатков и предполагаемых слабых мест. Предложения эксперта в таких случаях ограничиваются рекомендацией устранить недостатки, причем в простых ситуациях можно указать пути устранения, а в сложных – оставить решение задачи разработчику, тем более что это именно его задачи.

Экспертиза на максималистском уровне вбирает в себя все предыдущие задачи, но дополняется анализом всех сомнительных моментов и попытками

поиска оптимальных решений каждой из поставленных задач. Очевидно, что такая экспертиза требует огромных ресурсов и может превратиться в радикальную переработку объекта, что не входит в обязанности эксперта.

Постановка целей экспертизы и определение их уровней предполагают ознакомление эксперта с объектом, например в ходе предварительной экспертизы (рисунок 2.2). Наличие обратных связей показывает циклический характер процесса, причем циклы могут воспроизводиться вплоть до получения результатов окончательной экспертизы, удовлетворяющих исполнителя и заказчика.

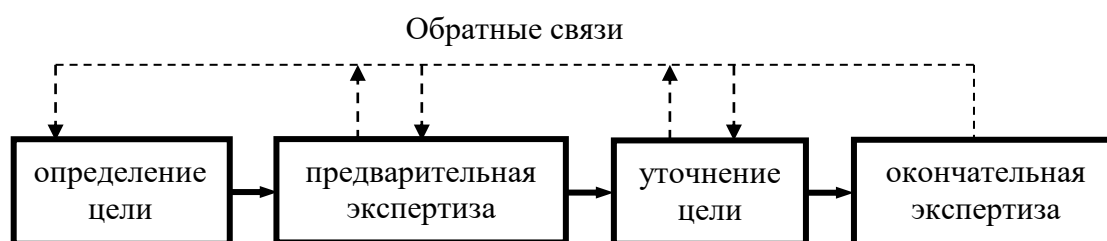


Рисунок 2.2 – Структура определения целей экспертизы

Объектами метрологической и стандартизационной экспертизы могут быть изделия и процессы или их составные части (элементы сложных объектов), представленные конструкторской документацией, документацией технологических процессов и процессов исследований, нормативной документацией по стандартизации. Особый интерес для экспертизы представляют такие объекты, как средства измерений, процессы и операции измерительного контроля, методики выполнения измерений, методики контроля, испытаний, поверки, калибровки и метрологической аттестации.

Экспертиза самих объектов (изделий и процессов) без соответствующей документации затруднительна из-за отсутствия необходимой информации в явном виде. Так по изделию невозможно определить параметры размерной цепи или посадку, назначенную для конкретного сопряжения, по технологическому процессу нельзя однозначно определить его параметры, а по

операции измерительного контроля – значение допустимой погрешности измерений.

В итоге объекты метрологической и стандартизационной экспертизы чаще всего представлены информационными источниками, к которым относятся:

- конструкторская документация (чертежи деталей, чертежи общего вида и др.);
- технологическая документация (описания технологических процессов с наличием контрольных операций);
- документация метрологического мероприятия, например, методики выполнения измерений (МВИ), методики измерительного контроля, методики поверки или калибровки средств измерений (СИ), методики метрологической аттестации СИ и МВИ;
- материалы научных исследований (отчет о НИР, монография, статья и др.);
- нормативные документы на изделие или процесс (стандарт, технические условия и др.);
- научно-техническая, справочная и учебная литература.

Сами эксперты и разработанные ими нормативные документы на экспертизу часто не различают объект экспертизы и форму его представления, что может привести к недоразумениям. Формулировки типа «метрологическая экспертиза чертежа детали» и им подобные следует признать некорректными, поскольку контролепригодность элементов чертежа очевидна, а метрологическое обеспечение его изготовления проблемы не составляет.

Конкретные формы представления объектов экспертизы могут включать любую конструкторскую документацию (чертеж общего вида, чертежи деталей, схемы, комплект конструкторской документации изделия, пояснительная записка и др.). К представляемой на экспертизу документации метрологических мероприятий можно отнести методику выполнения измерений

параметра, методику измерительного контроля, методики поверки средства измерений и их метрологической аттестации и ряд других документов. Научные исследования могут быть представлены отчетом о научно-исследовательской работе, монографией, статьей, научным докладом, тезисами доклада или другими материалами. На экспертизу могут быть представлены действующий нормативный документ или проект нормативного документа; литература (справочная, учебная, учебно-методическая, научно-техническая). Документация может быть представлена на экспертизу в виде твердых копий или в электронной форме.

Общие цели метрологической и стандартизационной экспертизы объектов, представленных конструкторской, технологической, исследовательской и нормативной документацией можно сформулировать после ознакомления с объектом в ходе предварительной экспертизы, например, в виде одного из следующих вариантов:

- обнаружить и зафиксировать явные ошибки (дефекты) объекта и дать предложения по их устранению;
- обнаружить основные недостатки объекта, проанализировать причины их появления и наметить пути устранения и профилактики;
- выявить все значимые недостатки объекта и разработать пути их устранения;
- обнаружить явные и скрытые дефекты объекта и дать предложения по совершенствованию объекта.

Формулировки следует согласовывать с заказчиком экспертизы. Объем работы при любых целевых установках следует сводить к разумному минимуму. Чем меньше дефектов будет обнаружено при экспертизе, тем глубже может быть анализ выявленных недостатков, тем подробнее можно разработать пути их устранения.

Следует иметь в виду, что вне зависимости от формулировки цели **обнаружение явных дефектов объекта** в области метрологии и стандартиза-

ции автоматически входит в работу эксперта. Не обнаруженные при экспертизе дефекты свидетельствуют либо о небрежной работе, либо о недостаточной квалификации – в обоих случаях такого специалиста нельзя назвать экспертом. Обнаружение недостатков объекта, делающих невозможной его реализацию или мешающих его функционированию – целевая установка для функциональной экспертизы – требует не только значительного опыта экспертной работы, но и глубоких знаний самих объектов экспертизы. Выявление «всех значимых недостатков объекта» подразумевает такую же работу, но проводимую в больших объемах и с обязательным привлечением разработчика. Последнюю приведенную формулировку цели экспертизы («обнаружить явные и скрытые дефекты объекта») можно рассматривать как аналог предыдущей, но без обязательного поиска всех дефектов.

Наряду с основной целью любой экспертизы – получением экспертной оценки объекта и его элементов в большинстве случаев при экспертизе преследуют еще и **дополнительные цели** (рисунок 2.3).

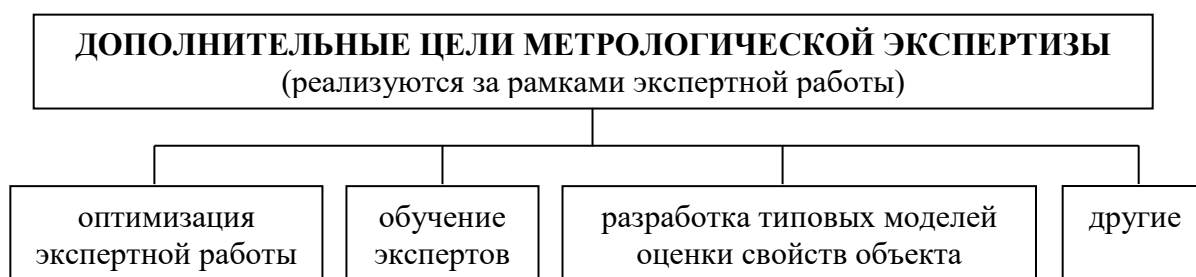


Рисунок 2.3 – Дополнительные цели метрологической экспертизы

Дополнительные цели могут включать:

- обучение экспертов;
- оптимизацию экспертной работы;
- разработку типовых моделей оценки свойств, определяющих уровень качества объекта.

Возможны и иные дополнительные цели при проведении экспертизы, в частности, такие как самообучение эксперта, разработка моделей для реше-

ния типовых задач и др. При выполнении экспертизы в рамках учебного задания всегда присутствует еще одна дополнительная цель – демонстрация квалификации эксперта. Дополнительные цели есть в работе любого эксперта, даже если они не формулируются в явном виде. Они также оказывают существенное влияние на выбор методики проведения экспертизы.

После определения цели экспертизы можно ставить конкретные задачи, решение которых должно привести к достижению поставленной цели. Например, метрологическая экспертиза объектов, представленных конструкторской, технологической, исследовательской и нормативной документацией может включать решение следующих обобщенных задач:

- оценка корректности предъявления и оформления требований (задача нормоконтроля);
- определение номенклатуры экспертируемых требований и норм;
- разделение экспертируемых требований и норм на очевидно контролепригодные и сомнительные;
- разработка методик контроля сомнительных норм;
- выявление дефектных требований и норм;
- разработка рекомендаций для корректирования дефектных требований и норм (предложения эксперта с разными уровнями проработки);
- контроль результатов экспертизы.

В ходе метрологической и стандартизационной экспертизы могут быть дополнительно поставлены такие задачи, как определение соответствия элементов объекта и использованных аналогов, поиск причин ошибок при заимствовании норм по аналогии, оценка правильности составления и расчетов размерных цепей, применения и вывода зависимостей и др.

Каждая из обобщенных задач может иметь множество конкретных вариантов. Например, оценка корректности требований в зависимости от формы представления объекта может включать анализ корректности терминов, условных обозначений, форм представления результатов измерений, соответ-

ствия состава и структуры документа нормативно установленным требованиям. Это фактически задача нормоконтроля, но при метрологической экспертизе приходится констатировать наличие некорректно предъявленных требований, поскольку такие требования заведомо неконтролепригодны.

Формальным условием полноты экспертизы является анализ всех без исключения свойств объекта, что практически невозможно. Из этого обстоятельства вытекает задача определения номенклатуры экспертируемых требований и норм. Для реализации экспертных работ в обозримое время число экспертируемых требований необходимо сократить в разумных пределах. В реальных условиях экспертизе следует подвергать только существенные (определяющие, значимые нормы и требования). Очевидно, что при метрологической экспертизе не следует уделять особого внимания общим допускам несопрягаемых элементов, параметрам шероховатости поверхностей таких элементов, другим нормам точности, не имеющим принципиального значения для функционирования объекта.

При постановке задач экспертизы следует иметь в виду типовые ошибки, наиболее часто допускаемые разработчиками. Каждый эксперт на основе собственного опыта нарабатывает перечни таких ошибок, соотнося их с определенными объектами.

Например, в текстовых документах часто встречаются ошибки, связанные с нарушениями требований ГОСТ 8.417 при обозначениях единиц физических величин, с нарушениями стандартных форм представления результатов измерений, с некорректным представлением метрологических характеристик средств измерений, с несоблюдением стандартных требований к составу и структуре методик выполнения измерений параметров. Часто при экспертизе проектов стандартов встречаются нарушения требований к их составу и структуре. Причинами ошибок бывает использование устаревшей информации, применение неправильных шаблонов, традиционных для некоторой организации или отрасли, небрежное отношение к стандартам.

Формальная экспертиза на самом низком уровне (с минимизацией экспертной работы) осуществима только в том случае, если объект не содержит ошибок принципиального характера. Нестандартный или неправильно примененный термин, неправильное обозначение, нестандартное числовое значение размера или допуска, несогласованность допусков геометрических параметров подлежат безусловному устранению, но не рассматриваются как принципиальные ошибки. К принципиальным можно отнести те недостатки, которые вызывают необходимость перепроектирования объекта или его частей с изменением основных параметров, либо осуществления дополнительных разработок.

Например, если при экспертизе проекта средства измерений обнаружено, что его фактические метрологические характеристики не соответствуют заложенным в техническом задании или конструкторской документации, возникает необходимость модернизации изделия или его радикальной переработки. Если экспертиза обнаружила недостаточную точность поверки средства измерений, может потребоваться разработка новой методики. Некорректное определение в проекте нормативного документа его назначения или области действия может привести к необходимости его полной переработки.

Если метрологическая и стандартизационная экспертиза конструкции направлена на **обеспечение функциональной взаимозаменяемости**, она должна способствовать назначению на каждый функционально важный параметр изделия оптимального стандартного допуска. Оптимизация норм точности обеспечивает качественную работу изделия в целом при приемлемых затратах на получение заданных функциональных параметров и не обязательно связана с их ужесточением. Напротив, если при экспертизе деталей будут обнаружены назначенные конструктором избыточно жесткие допуски, можно ставить вопрос об их расширении. Разрешение подобных ситуаций выходит за рамки формальной экспертизы и требует постановки и обоснова-

ния иных задач. Такими задачами могут быть поиск нарушений при заимствовании норм по аналогии, определение пригодности использованных аналогов, оценка правильности составления и расчетов размерных цепей и др.

2.2. Состав метрологической и стандартизационной экспертизы

Любая экспертная работа носит исследовательский характер, поэтому ее структура должна быть аналогична структуре научного исследования (рисунки 2.4).

Типичная экспертиза включает определение цели и постановку задач, разработку методики, проведение исследования (экспертизы), обработку (анализ) результатов и формирование выводов и рекомендаций и подразумевает возможность корректирования работ на любом этапе после выполнения одного или нескольких последующих.

Эффективность использования результатов экспертизы будет тем выше, чем лучше будет обеспечено использование информационных обратных связей. Обратные связи можно использовать для уточнения планов работы, приоритетов, коррекции принятых допущений и пр. При экспертизе необходимо унифицировать и отслеживать обеспечение целого ряда обязательных и возможных обратных связей (см. рисунки 2.2 и 2.4). Наиболее важными представляются следующие обратные связи:

- результаты предварительной экспертизы – уточнение задач (при необходимости и целей) экспертизы;
- результаты этапов экспертизы – разработка «стандартов типовых задач», включая постановку задач, варианты решений и унифицированные формы представления промежуточных результатов;
- результаты этапов экспертизы – разработка «стандартов проведения экспертизы» аналогичных объектов;
- экспертное заключение – модернизация объекта экспертизы;

- результаты этапов и экспертизы в целом – повышение квалификации экспертов.

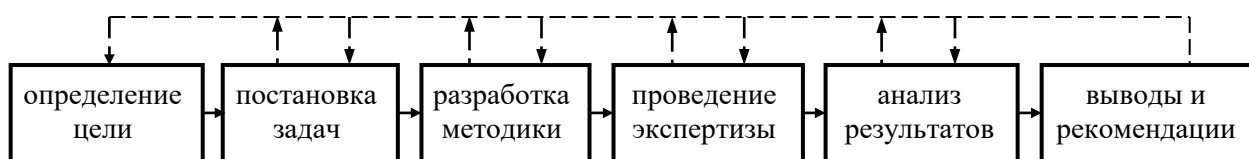


Рисунок 2.4 – Структура экспертизы как научного исследования

Поскольку экспертная работа носит исследовательский характер, методика экспертизы, ее цели и задачи могут корректироваться в ходе выполнения работ в зависимости от получаемых результатов. Вполне могут встретиться ситуации, когда центр тяжести экспертизы приходится переносить с чисто формального подхода к усилению функционального или обратно.

Вне зависимости от поставленных целей следует различать собственно экспертизу как **критический анализ объекта** и выходящие за рамки критики предложения эксперта. Эксперт обязан обнаружить все дефекты объекта в соответствующей области, а широта и объем проработки предложений зависят от доброй воли эксперта и его ресурсных возможностей, если иное не предусмотрено договором на проведение экспертных работ.

Выявление дефектных требований и норм – основная часть работы эксперта. Не все дефекты заметны неопытному глазу, но квалификация эксперта проявляется именно в том, что он находит дефекты не замеченные другими специалистами. Очевидными дефектами являются требования и нормы, контролепригодность которых невозможно обеспечить из-за некорректных формулировок («каретка должна двигаться легко», «гайку надежно закрепить»). К дефектным можно отнести те требования и нормы, которые связаны с некорректным введением и применением понятий (например, «увод оси», «непараллельность плоскостей», «диапазон измерений штриховой меры», «погрешность измерения прибора»). Выявление подобных ошибок фактически является обязанностью нормоконтролера, но поскольку экспертизу

метролог проводит экспертизу до нормоконтроля (это соответствует формальной организации метрологической и стандартизационной экспертизы), ему приходится их выявлять.

Дефектными являются требования и нормы, невыполнимые из-за невозможности технической реализации измерений, противоречащие фундаментальным законам, общепризнанным научно-техническим положениям, закономерностям, требованиям действующих нормативных документов и т.д. Недопустимы также противоречия внутри экспертируемого объекта (несоответствие содержания разделов заголовкам, несоответствие элементов друг другу, взаимоисключающие требования к свойствам элементов или объекта в целом).

Причинами появления дефектных требований могут быть некорректное применение аналогов, ошибки в расчетах, допущениях, логических построениях.

В ходе экспертизы при решении основных задач могут появиться сопряженные с ними дополнительные задачи, вызванные необходимостью устранения обнаруженных недостатков. Так, для решения комплексной задачи обеспечения контролепригодности параметров объекта следует решить несколько частных задач, например:

- назначить допустимую погрешность измерений;
- выбрать методику выполнения измерений с использованием средства измерений, обеспечивающего инструментальную доступность параметра;
- оценить реализуемую погрешность измерений и убедиться, что она не превышает допустимого значения.

При обнаружении неконтролепригодности параметра можно поставить задачу корректировки его значения и/или требований к его точности. Если возникшие при этом дополнительные задачи не требуют выполнения больших объемов работы, их решения могут быть доведены до окончательного вида, в противном случае эксперты только намечают путь решения или обо-

значают его ход. Неконтролепригодность некоторого параметра объекта из-за инструментальной недоступности может потребовать разработки специальных средств измерений.

Методики формальной стандартизационной экспертизы изделий и техпроцессов разработаны на уровне типовых рекомендаций, и нормоконтроль проводится по готовым трафаретам достаточно успешно. В отличие от нормоконтроля, метрологическая экспертиза не обеспечена не только типовыми методиками, но даже корректно поставленными целями и удовлетворительным перечнем типовых задач. Для самостоятельной разработки методик экспертам необходимы перечни возможных целей экспертизы и типовых задач, решаемых для достижения этих целей.

Метрологическая экспертиза конструкции будущего изделия или характеристик нового технологического процесса должна начинаться на этапе разработки технического задания, в противном случае в проект могут быть заложены технические требования, которые окажутся неконтролепригодными. В таком случае можно или корректировать параметры, или планировать разработку специальных средств измерений и/или методик выполнения измерений, которые должны быть готовы к выпуску основного изделия или внедрению техпроцесса. Если еще на стадии технического задания экспертиза обнаружит неконтролепригодные параметры, для обеспечения контролепригодности имеется некоторый запас времени.

Аналогичный подход к экспертизе должен быть и на этапах разработки технического проекта и рабочей документации, включая разработку методик исследований или испытаний. Реализация такого подхода на всех этапах проектирования гарантирует отсутствие тупиковых ситуаций при подготовке производства и, в частности, при выборе МВИ параметров объекта в целом и его элементов.

Необходимым условием эффективной экспертизы является достаточный уровень метрологической и стандартизационной грамотности разработ-

чика, который позволит ему самостоятельно проводить экспертизу в тривиальных случаях и выделять те задачи, для решения которых необходима **совместная работа с квалифицированным экспертом**. При такой организации работ на завершающей стадии подготовки производства остается необходимость в проведении только формальной экспертизы. Обеспечить минимально необходимый уровень метрологической и стандартизационной грамотности разработчика можно с помощью специальной подготовки, регулярного ознакомления разработчиков с результатами экспертиз, привлечении их к проведению функциональной экспертизы.

Метрологическая и стандартизационная экспертиза объектов, представленных конструкторской и технологической документацией в обязательном порядке должна включать проверки:

- необходимости наличия объекта (разработки нового или существования уже разработанного). Наличие аналога (стандартного изделия, типовой методики выполнения измерений и др.), который уже прошел апробацию, позволит отказаться от разработки нового объекта и сэкономить интеллектуальные ресурсы;
- корректности предъявляемых к объекту требований: необходимость предъявления, обоснованность, логичность, полнота назначения, внутренняя непротиворечивость, краткость и однозначность формулировок, выполнимость требований – возможность реализации и проверки.

Можно рекомендовать следующую общую структуру подготовки и проведения метрологической (и функциональной стандартизационной) экспертизы:

- определение (установление) конкретной цели или целей проведения экспертизы;
- постановка основных задач экспертизы;
- разработка плана проведения экспертизы;

- подготовка методических документов для проведения экспертизы и оформления ее результатов (при необходимости);
- проведение экспертизы;
- оформление результатов экспертизы.

Установление целей экспертизы подробно рассмотрено в предыдущем разделе. Цели и задачи экспертизы полезно сформулировать письменно. При работе по заказу их предпочтительно оформить как документ, предъявляемый заказчику для согласования. В ходе согласования формулировок уточняют также и предполагаемые сроки окончания работ. Наличие такого документа существенно упрощает сдачу работ, избавляет от разногласий по составу экспертного заключения и от возможных избыточных требований заказчика.

Задачи экспертизы ставят таким образом, чтобы их решение обеспечивало достижение целей экспертизы. Для рациональной постановки задач можно предложить табличную форму, в которую кроме формулировки самой задачи включают предполагаемые пути ее решения и ожидаемые результаты. Такой подход позволяет эксперту уточнить задачу, а заказчику экспертизы уяснить постановку задачи и оценить практическую пользу ее решения. Примеры комплексной постановки задач метрологической экспертизы изделия (детали) и стандартизационной экспертизы нормативного документа по стандартизации (проекта стандарта или действующего стандарта) представлены в таблицах 2.1 и 2.2. Представленные комплексы задач имеют рекомендательный характер, они относятся только к двум видам объектов экспертизы.

Таблица 2.2 не завершена (имеется разрыв строк) и иллюстрирует только некоторые из поставленных задач. Для экспертизы иных объектов может потребоваться разработка новых комплексов задач, соответствующих сформулированным целевым установкам экспертизы. Сами задачи можно

формулировать по-иному, возможно дополнение их номенклатуры, объединение или дробление некоторых из сформулированных задач.

Таблица 2.1 – Задачи метрологической экспертизы конструкции изделия (цель – подтверждение осуществимости требований)

Задача	Пути решения	Ожидаемый результат
Оценка оформления метрологических требований (задача нормоконтроля)	Проверка правильности оформления требований	Приведение оформления в соответствие с требованиями нормативной документации
Определение номенклатуры экспертируемых требований и норм	Анализ всех требований и норм и элиминирование незначимых (несущественных)	Перечень элементов объекта, подлежащих обязательному рассмотрению при экспертизе
Разделение требований и норм на очевидно приемлемые для контроля и сомнительные ¹	Предварительное исследование контролепригодности экспертируемых требований и норм	Предварительный перечень корректных требований и норм. Перечень сомнительных требований и норм
Выявление дефектных требований и норм	Анализ сомнительных требований и норм и возможностей их контроля	Уточненные перечни корректных и некорректных (дефектных) требований и норм
Корректирование дефектных требований и норм	Трансформация требований и норм, и исследование возможностей контроля вновь назначенных	Предложения корректирования требований и норм ² . Перечень методов контроля, описания схем и средств контроля ³ . ТЗ на специальные средства измерений ³
Поиск методов контроля корректных требований и норм	Анализ возможностей применения стандартных, аттестованных, унифицированных методов контроля	Перечень и описания методов контроля ³
Контроль результатов экспертизы	Самоконтроль или перекрестный контроль	Выявление и исправление ошибок

¹Разделение экспертируемых требований и норм на очевидно приемлемые и сомнительные не обязательно, но без этого сомнительными считают все требования и нормы.
²Замечания и предложения эксперта не обязательно носят окончательный характер, они могут определять направление дальнейшей деятельности разработчика
³Перечень и описания методов контроля, схемы контроля и др. элементы включают в результаты экспертизы в обязательном порядке, только если они содержат материалы, необходимые для включения в документацию экспертируемого объекта. В иных случаях представление таких материалов должно быть заранее оговорено заказчиком экспертизы.

Предложенная методика постановки задач экспертизы (комплексный подход, выбор путей решения и прогнозирование результатов) вне зависимости от выбранной формы и конкретного наполнения таблиц может быть полезной при подготовке любой научно-технической экспертизы и позволит рационально подойти к разработке методики экспертизы, выполнению собственно экспертной работы и к представлению ее результатов.

Разработку плана проведения экспертизы и подготовку документов, поддерживающих ее проведение и оформление результатов, осуществляют

после определения конкретных задач экспертизы. План, как правило, не является предъявляемым документом, он может быть довольно общим и не очень формализованным. План можно не оформлять письменно, хотя наличие его даже в черновом варианте с последующими исправлениями и дополнениями может в значительной мере рационализировать работу.

Таблица 2.2 – Задачи стандартизационной экспертизы проекта стандарта

Задача	Пути решения	Ожидаемый результат
Оценка необходимости разработки документа	Сопоставление проекта с действующими нормативными документами, определяющими требования к тому же объекту	Установление необходимости или ненужности документа или его частей
Оценка соответствия содержания документа цели разработки	Сопоставление содержания проекта документа с целью, указанной в Пояснительной записке к проекту ¹	Установление соответствия или несоответствия содержания документа цели разработки
Оценка отсутствия противоречий в содержании проекта нормативным документам того же или более высокого уровня	Сопоставление проекта с действующими нормативными документами, определяющими требования к тому же объекту	Установление наличия/отсутствия противоречий
Оценка отсутствия внутренних противоречий в содержании проекта	Анализ содержания проекта документа	Установление наличия/отсутствия противоречий
Оценка корректности установленных в проекте требований	Анализ содержания требований, установленных в проекте	Установление наличия/отсутствия некорректных требований
.....
Оценка правильности оформления проекта	Анализ оформления проекта	Установление наличия/отсутствия ошибок в оформлении
Оценка грамотности проекта	Лингвистический анализ проекта	Установление наличия/отсутствия грамматических ошибок
Контроль результатов экспертизы	Самоконтроль или перекрестный контроль	Выявление и исправление ошибок эксперта
Оформление отзыва на проект	Подготовка и редактирование отзыва	Проект отзыва
¹ При экспертизе действующего нормативного документа Пояснительная записка отсутствует, и цель документа определяют из наименования и других его элементов.		

Формальный подход к экспертизе подразумевает исследование всех свойств объекта и составляющих его элементов, всех установленных требований и параметров, что при экспертизе сложных объектов связано с необходимостью переработки огромного объема информации. Исходя из этого,

очень важным представляется **рациональное уменьшение объема работ**, что вполне осуществимо при четком планировании экспертной работы и конкретизации задач экспертизы.

В отношении **подготовки методических документов** для экспертизы следует помнить, что экспертиза будет тем более успешной, а результаты будут тем более определенными, чем выше будет уровень ее формализации. Подготовка методических документов для проведения экспертизы и оформления ее результатов не является обязательным видом работ и зависит от таких факторов, как наличие стандарта организации на экспертизу, методических указаний по ее проведению, собственных наработок эксперта или заимствованных материалов. При достаточном информационном обеспечении этот этап можно ограничить комплектацией необходимых информационных источников.

В случаях проведения оригинальной экспертизы (по составу, по объекту, по требованиям заказчика к содержанию и методике и др.) подготовка методических документов может существенно облегчить последующую экспертную работу и ее оформление.

Экспертизу **проводят** в соответствии с намеченным планом, решая все поставленные задачи, и заканчивают по достижении поставленной цели. Поскольку экспертная работа носит исследовательский характер, методика экспертизы, ее задачи и даже цель могут корректироваться в ходе выполнения работ в зависимости от получаемых результатов. Могут встретиться ситуации, когда центр тяжести экспертизы приходится переносить с чисто формального подхода к усилению функционального или обратно. Корректировка цели экспертизы – серьезное изменение, которое следует согласовать с заказчиком, предъявив достаточно веские обоснования. Корректировка методики и постановки задач экспертизы – дело самого эксперта и отчета перед заказчиком обычно не требует.

Оформление результатов экспертизы зависит как от официальных требований к экспертному заключению, так и от поставленных задач. Заказчику экспертизы официально представляют минимально необходимую информацию в виде экспертного заключения (одного документа) или некоторого набора документов. Наряду с итоговой информацией всегда имеются промежуточные результаты экспертизы, которые могут оказаться очень полезными квалифицированному заказчику и экспертирующей стороне, особенно с учетом возможных дополнительных целей экспертизы. При необходимости такие материалы оформляют как приложения к официальным документам.

Принятая в квалиметрии экспертиза качества объектов группой специалистов (групповая экспертиза), позволяет получать усредненные оценки одних и тех же коллективно или индивидуально экспертируемых свойств, что способствует повышению объективности оценок и обучению экспертов. Особенности метрологической и стандартизационной экспертизы состоят в индивидуальной работе каждого из экспертов. Поэтому для обучения непосредственно не участвующих в экспертизе, но заинтересованных экспертов и разработчиков приходится осуществлять специальные мероприятия, выходящие за рамки экспертизы (подготовка перечней типовых ошибок разработчиков, обсуждение ошибок и методов их исправления, профилактики и др.).

Опыт проведения экспертизы изделий, технологических процессов и документации научных исследований позволяет предложить следующие рекомендации:

- желательно **на всех этапах** разработки объектов проводить их **совместную** метрологическую и стандартизационную экспертизу;
- в автономно проводимую метрологическую экспертизу объекта при необходимости включают **элементы нормоконтроля** (оценка корректности применения метрологических терминов, оформления требований к параметрам объекта, обозначений единиц физических величин, представления результатов измерений и других элементов законодательной метрологии);

- оптимальный вариант – обеспечить **проведение функциональной экспертизы** разработчиками конструкторской, технологической и исследовательской документации с привлечением в необходимых случаях эксперта-метролога и эксперта-стандартизатора;
- окончательную (**формальную**) метрологическую экспертизу должен проводить эксперт-метролог и нормоконтролер.

Метрологическую и стандартизационную экспертизу объекта можно проводить как совместный метрологический контроль и нормоконтроль. Объединенный метрологический контроль и нормоконтроль требует проверки **нормосоответствия** документа и **контролепригодности** параметров объекта и требований к нему. Объединенную метрологическую и стандартизационную экспертизу или экспертный контроль обычно осуществляет один специально подготовленный эксперт.

Объединенная метрологическая и стандартизационная экспертиза объекта подразумевает выполнение полного объема работ каждого вида. При этом предпочтительно сначала провести формальную стандартизационную экспертизу (нормоконтроль), затем функциональную стандартизационную и метрологическую экспертизу и завершить эту работу окончательной проверкой контролепригодности параметров объекта.

3. УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ МЕТОДАМИ СТАНДАРТИЗАЦИИ И МЕТРОЛОГИИ

Качество можно рассматривать с различных позиций (философской, экономической, технической и т.д.). В каждой из них есть свои характерные особенности.

Аспекты качества как философской категории:

- отражение комплексной (наиболее полной) оценки изделия;
- учет множества элементарных свойств, их иерархии, их взаимного переплетения;
- принципиальная возможность формирования оценок показателей качества единичных и комплексных (групповых, интегральных и обобщенных) с применением аппарата квалиметрии и с использованием метрологии в случаях оценки параметров (свойств, определяемых физическими величинами).

Попытка рассматривать качество как свойство (или комплекс свойств), необходимых для удовлетворения желаний потребителя, неоправданно сужает проблему. Качеством обладают не только артефакты, но и естественно образовавшиеся объекты, в том числе минералы, дикорастущие растения и животные, которые природой не были «предназначены для потребителя».

Аспекты качества как экономической категории:

- в повышении качества надо вкладывать деньги (прогрессивные фирмы выделяют на повышение качества до 25 % от общих затрат на разработку нового изделия);
- повышение качества дает пользователям экономический эффект за счет сокращения остановок, исключения аварий (и катастроф), сокращения расходов на простой, замену, ремонт оборудования и т.д. (особенно яркими являются известные примеры с нефте- и газопроводами, самолетами, шахтами и т.д.);

- экономическим идеалом можно считать оптимальный уровень качества (удовлетворительное в эксплуатации изделие производится с минимальными затратами). Качество – не самоцель и его наивысший уровень может стоить бесконечно дорого;

- высокий уровень качества можно обеспечить только экономическими методами. Административные методы неэффективны.

Аспекты качества как технической категории:

- уровень качества изделия закладывается до начала проектирования (концептуальное решение), формируется в процессе проектирования, реализуется в процессе изготовления и гарантируется при нормальной эксплуатации. Отсутствие комплексности в подходе к обеспечению качества ведет к невозможности решения задачи.

- уровень квалификации прогнозистов, разработчиков, изготовителей и пользователей, а также их техническая и информационная оснащенность должны соответствовать планируемому уровню качества.

Очевидно, что качество изделий в значительной степени обеспечивает изготовитель. Если изделие сделано плохо, оно плохо работает. Но если спроектировано морально устаревшее изделие, оно будет неконкурентоспособным на рынке даже при отличном качестве изготовления. Следовательно, уровень качества любого изделия в первую очередь определяет его разработчик. Но неправильное использование изделия приведет к его быстрой поломке, и в таком случае, разговор о качестве теряет всякий смысл. В настоящее время особое внимание уделяют также утилизации изделий, поскольку опыт работы с такими объектами как атомные электростанции и атомные подводные лодки заставляет обращать внимание не только на эффективность функционирования, но и на угрозу загрязнения окружающей среды. Значит, качество изделия следует рассматривать *на протяжении всего «жизненного цикла»* от проектирования, через изготовление и эксплуатацию – до физиче-

ской или моральной его «смерти» (рисунок 3.1). «Жизненный цикл» изделия строится с учетом не только прямых связей (качество сложного изделия закладывается при проектировании, обеспечивается в ходе производства, реализуется при эксплуатации), но и обратных связей, которые используются для корректирования требований, обеспечивающих приемлемый уровень качества объекта.

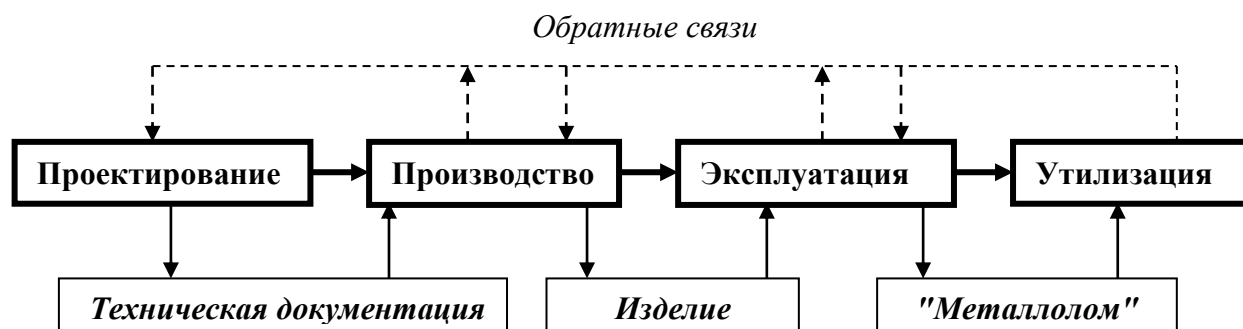


Рисунок 3.1 – «Жизненный цикл» изделия

При проектировании изделия определенный уровень качества закладывается еще на этапе подготовки технического задания.

Качество любого объекта (проекта, изделия, процесса) можно оценить, и на основе этой оценки сравнить объекты одинакового назначения. Качество изделия является наиболее общим его свойством и складывается из таких свойств как мощность, производительность, коэффициент полезного действия, надежность, эргономичность и др. В свою очередь, эти свойства могут быть более или менее сложными. Например, надежность изделия включает в себя его безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость. А такие свойства, как масса, отдельные габаритные размеры изделия являются простейшими и не разлагаются на составляющие элементы.

Простейшие свойства, которые могут быть выражены числовыми значениями физических величин: масса, длина, твердость и др. обычно называют параметрами. Функциональные параметры элементов изделия — это параметры, определяющие уровень его эксплуатационных показателей. К ним могут быть отнесены геометрические, физико-механические, электрические,

магнитные и другие. Основная задача проектирования – выявить функциональные параметры элементов изделия и нормировать их так, чтобы обеспечить удовлетворительный уровень его эксплуатационных показателей изделия.

Аспекты качества как психологической категории:

- работники всех уровней от рабочего до директора должны понимать, что для успешной конкуренции на рынке необходимо постоянное повышение качества продукции;
- кампанейщина в управлении качеством без экономической поддержки приводит к безразличному или отрицательному отношению к системам менеджмента качества.

Сегодня в области управления качеством существует множество заблуждений, связанных с недостаточно устоявшимися достижениями в области квалиметрии и недостаточными знаниями этой области науки «специалистов по менеджменту качества». В частности, не решены вопросы выделения менеджмента качества из общей системы менеджмента. Разрабатываются «философия качества», «идеология качества», существует множество направлений, в том числе и спекулятивных. Реклама также создает искаженные представления о качестве. Выражения типа «Наилучшее соотношение цена – качество» некорректны, поскольку экономические показатели качества являются одними из важнейших, что хорошо известно рядовому потребителю. Грамотно будет определить соотношение цены и технического уровня объекта, поскольку из двух равноценных по техническому уровню объектов более высоким качеством обладает тот, который дешевле.

Первые попытки целевого управления качеством были предприняты в СССР. Начало было положено в виде системы бездефектного изготовления продукции и системы бездефектного труда, затем появились системы с более широким охватом производства, вплоть до комплексной системы управления

качеством (КС УКП). Реферативное описание систем управления качеством представлено в приложении к данной главе.

При очевидных достоинствах эти системы не могли принести существенной пользы из-за доминирующего административного метода внедрения. Недостаточная эффективность всех систем управления качеством в Советском Союзе была обусловлена отсутствием развитых рыночных отношений, которые являются экономической основой любой системы обеспечения и поддержания необходимого уровня качества.

Укоренившиеся стереотипы и лозунги времен СССР:

- все изделия – на высший уровень качества – присвоение высшей категории качества и знака качества изделиям с уровнем качества не ниже лучших зарубежных аналогов (бессмысленно из-за очевидной неоптимальности такого производства);
- наивысшее качество при минимальных затратах (можно обеспечить либо наивысший уровень качества не считаясь с затратами, либо приемлемый уровень при минимальных затратах);
- качество зависит исключительно от технологической дисциплины (уровень качества определяется контролем, Госприемкой... – почти правда, но не вся, поскольку априори предполагается высококачественное оборудование, сырье, материалы, комплектующие, а также квалифицированные кадры и их экономическая заинтересованность).

Понятно, что только отсутствие монополизма и насыщение рынка продукцией удовлетворительного уровня качества от разных поставщиков может обеспечить реальную **конкуренцию и эффективное рыночное регулирование**. Для борьбы с попытками монополизации создают специальные антимонопольные службы. При реальной конкуренции решающими будут требования потребителя, а производитель будет экономически заинтересован в **оптимальном уровне качества** и станет бороться за потребителя повышением

уровня качества на всех стадиях жизненного цикла изделия (разработка, производство и эксплуатация продукции).

Связи между качеством и стандартизацией, качеством и сертификацией значительно сложнее, чем их «кухонная трактовка»: соответствует стандарту, сертифицировано – значит, высококачественное! В действительности стандартизация направлена на экономичное создание объекта путем принятия компромиссных решений, а сертификация призвана только подтвердить соответствие объекта установленным требованиям, а значит, обнаружить несоответствия, а не «доказать высокий уровень качества».

Стандартизация и сертификация предназначены защитить потребителя от объектов, качество которых **ниже установленного уровня**, которые являются браком или представляют опасность. Стандарт, рассчитанный на многократную повторяемость объектов, следовательно, на серийное или массовое производство, может зафиксировать только удовлетворительный уровень качества, доступный этому производству. Достоинствами стандартизации и технического нормирования являются ограничение качества снизу на компромиссном уровне, что позволяет реализовать серийное (массовое) производство с приемлемыми затратами и не препятствует инициативному повышению уровня качества объекта по мере совершенствования технологии.

В управлении качеством на основе результатов стандартизационной и метрологической экспертизы следует различать два уровня. Первый – поддержание качества на уровне не ниже допустимого (обеспечение годности объектов). На стадии разработки это означает выпуск документации без нарушения требований к оформлению, соблюдение в конструкции или технологическом процессе всех распространяющихся на данный объект требований НД по стандартизации и контролергодность всех функционально значимых параметров. Такой результат достигается при положительных результатах формальной экспертизы – все обнаруженные в ходе стандартизацион-

ной и метрологической экспертизы дефекты следует устранить, это и есть вклад экспертизы в качество разработки.

Положительные результаты формальной экспертизы позволяют обеспечить удовлетворительный уровень качества экспертируемого объекта за счет применения в нем стандартных решений, например, стандартных сборочных единиц, деталей, сопряжений, элементов конструкций, материалов, которые будут не только удовлетворительно нормированы, но и должны быть контролепригодны (гарантировано метрологически обеспечиваемые параметры).

Очевидно, что успешное прохождение формальной стандартизационной и метрологической экспертизы гарантирует отсутствие «брака» или недопустимых дефектов объекта (отсутствие нарушения нормативных требований к объекту и представляющей его документации и контролепригодность параметров объекта). Это и есть минимально допустимый уровень качества, ниже которого экспертиза признает объект бракованным или непригодным для реализации.

Функциональная стандартизационная и метрологическая экспертиза объекта должна не просто констатировать положительные или отрицательные результаты проверки нормосоответствия и контролепригодности, она направлена на его усовершенствование. Если параметр неконтролепригоден, возможно либо его изменение, либо модернизация всего объекта или его части, в результате решается задача метрологического обеспечения объекта. Изменения, внесенные на основании результатов экспертизы, должны повысить технический уровень объекта и/или снизить себестоимость его реализации (изготовления изделия или предоставления услуги), в том числе за счет удешевления метрологического обеспечения (измерительного контроля параметров и метрологического обслуживания средств измерений).

Результатом функциональной экспертизы может быть повышение уровня качества объекта за счет оптимального применения стандартных ре-

шений и выбора оптимальных норм точности. Функциональная стандартизационная экспертиза ставит под сомнение не только оригинальные решения, но и выбор определенных стандартных решений и/или их сочетаний. Выбор из конкурирующих стандартных или унифицированных решений или выбор оригинального решения вместо стандартного требует глубокого сравнительного анализа или проведения экспериментальных исследований. Для обоснованного принятия таких решений эксперт должен иметь высокую квалификацию в области разработки экспертируемых объектов, сопоставимую с квалификацией разработчика или даже более высокую. Оптимальным вариантом в подобном случае будет согласованная работа разработчика и эксперта – эксперт ставит задачу, решение которой находят совместными усилиями.

Использование при проектировании стандартных или унифицированных решений вместо оригинальных сокращает сроки освоения объекта производством. Появляется возможность применить отработанные технологические процессы, инструмент, оснастку, что повышает экономичность производства при сохранении технического уровня объекта. Все это можно считать инструментарием стандартизационной экспертизы, применяемым для повышения уровня качества экспертируемых объектов.

При функциональной метрологической экспертизе основаниями для сомнений в качестве объекта может быть неконтролепригодность или сомнительная контролепригодность параметров. Оптимизация норм точности не обязательно связана с решением ужесточить требования (это делают только в том случае, если ранее установленные нормы точности не обеспечивают удовлетворительного функционирования изделия или реализации технологического процесса). Если обнаружены избыточно жесткие требования к точности параметров и можно их расширить, не снижая технического уровня объекта, то снижение точности приведет к повышению уровня качества экспертируемого объекта за счет повышения объективности контроля и снижения его себестоимости.

Замена неконтролепригодного параметра контролепригодным путем модернизации всего объекта или его части без снижения технического уровня также есть инструментарий функциональной метрологической экспертизы, пригодный для повышения уровня качества объекта. Для обоснованного принятия решений о переработке объекта экспертизы необходима очень высокая квалификация в области разработки экспертируемых объектов. Оптимизация такой работы также возможна только при согласованной работе эксперта и разработчика.

Обеспечение уровня качества средствами метрологии достигается за счет высокой достоверности измерительного контроля параметров объекта в процессе производства, реализации, эксплуатации. Такие задачи обязательно решают в ходе метрологической экспертизы.

Любое решение, которое приводит к разумному повышению уровня стандартизации и унификации объектов и совершенствованию их метрологического обеспечения, повышает уровень качества объекта.

Реферативное описание развития систем менеджмента качества

Во второй половине XX столетия специалисты многих стран пришли к выводу, что качество не может быть гарантировано только путём контроля готовой продукции. Управление производством с целью получения продукции заданного уровня качества включает действия, осуществляемые при разработке, производстве, контроле и испытании продукции, в целях установления, обеспечения и поддержания необходимого уровня ее качества. Наибольший эффект от управления может быть достигнут при системном подходе к решению этой задачи.

Под *системой менеджмента качества* подразумевается совокупность управляющих органов и объектов управления, взаимодействующих в ходе обеспечения качества и управления качеством с помощью материально-технических и информационных средств.

Требования потребителя фиксируются в нормативных документах по стандартизации (НД) на конкретные виды продукции. Однако сами по себе НД не могут быть гарантией того, что требования потребителя будут действительно удовлетворены, если в организационной системе имеются какие-либо несоответствия.

Началом системно-комплексного подхода к решению проблемы качества продукции в СССР была Саратовская система бездефектного изготовления продукции (БИП), которая была разработана в середине 50-х годов прошлого столетия и внедрена на промышленных предприятиях Саратовской области. Качество труда отдельного исполнителя, бригады, цеха оценивалось путем исчисления процента сдачи продукции отделу технического контроля с первого предъявления. В зависимости от возвратов сокращался размер премий.

Важнейшей особенностью системы являлся **перенос центра тяжести контроля на исполнителя** в связи с ужесточением ответственности за брак. Благодаря этому достигается профилактическая направленность контроля.

Такой подход стимулирует соблюдение технологической дисциплины, совершенствование производственного процесса. Недостатком системы БИП был узкий подход к управлению качеством, поскольку эта система охватывает только производственную сферу и то не полностью.

Дальнейшее развитие саратовская система получила на Львовском заводе телеграфной аппаратуры, где была разработана и внедрена так называемая «Система бездефектного труда» (СБТ). В рамках СБТ предусматривалась оценка качества труда не только непосредственных изготовителей продукции – рабочих, но и работников, участвовавших в подготовке производства (инженерно-технических работников, служащих и т.д.). Суть системы заключалась в том, что ошибки в работе всех исполнителей классифицировались и оценивались по заранее разработанной таблице, и сумма этих оценок вычиталась из исходного «коэффициента качества». Таким образом, в сферу влияния системы попало не только производство, но и конструирование, а также и технологическая подготовка, поскольку системой стимулируется стремление не допускать передачи в производство чертежей и технологической документации с ошибками. «Система бездефектного труда» получила признание за рубежом СССР, где она в модифицированном виде применялась под названием «ноль дефектов».

Поскольку системы БИП и СБТ были предназначены для применения на промышленных предприятиях, вне сферы их действия оставались вопросы повышения уровня научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Однако недостаточное внимание к качеству разработок приводит к тому, что в серийное производство запускают изделия со значительными недостатками. Совершенствование и развитие систем нашло отражение в Горьковской системе КАНАРСПИ – «Качество, надежность, ресурс с первых изделий». Основное внимание в этой системе уделялось оценке и стимулированию исследований, направленных на повышение качества разработки проектов новых изделий и технологических процессов. Система предполагала констру-

торско-технологическую доводку изделий на базе лабораторных центров, контрольно-испытательного оборудования, широкое использование научно-технической информации, результатов научно-исследовательских работ.

Основная задача системы – выявление на этапе проектирования возможных причин снижения качества и выработка конструкторских и технологических мер исключаящих эти причины. Одна из основных целей системы КАНАРСПИ – не допустить серийного производства изделий с дефектами. Эта система была особенно эффективна в условиях частой смены объектов производства.

В 60-х годах на Ярославском моторном заводе с целью повышения качества двигателей была разработана система НОРМ – «Научная организация работ по увеличению моторесурса» на основе последовательного и систематического повышения надежности деталей и узлов. В качестве критерия повышения качества в системе было принято увеличение ресурса работы автомобильного дизеля до первого капитального ремонта.

Принцип организации работ в системе заключался в определении фактической наработки на отказ деталей и узлов, лимитирующих моторесурс, и выработке конструкторских и технологических решений направленных на повышение безотказности. Система предполагала проведение научно-исследовательских работ, сбор и обработку достоверной информации о работе изделий, повышение уровня эксплуатации и ремонта. Особенностью системы по сравнению с предыдущими являлось то, что она частично охватывала своим влиянием и сферу эксплуатации изделий.

Результатом дальнейшего развития систем управления качеством явилась комплексная система управления качеством продукции (КС УКП) на базе комплексной стандартизации. КС УКП органически впитала все элементы ранее разработанных систем. Это первая система управления качеством, в которой организационно-технической основой управления стали стандарты.

Комплекс стандартов предприятия учитывает характер выпускаемой продукции, особенности техники и технологии производства, производственную структуру и масштаб предприятия, профессиональный состав и традиции производства. В этой системе особенно четко проявляется тенденция к обеспечению взаимосвязей между техническими, организационными, экономическими и другими мероприятиями с целью эффективного воздействия на уровень качества выпускаемой продукции.

Заданный уровень качества обеспечивается на всех стадиях жизненного цикла изделия – начиная с изучения требований рынка, включая стремление к их удовлетворению при проведении проектных и конструкторских работ, и выбор субпоставщиков сырья, материалов и комплектующих изделий. Требования потребителя стремятся удовлетворить в ходе реализации продукции, её технического обслуживания в процессе эксплуатации, а также при утилизации после использования. Все это обеспечивает создание замкнутого процесса, который включает в себя все фазы подготовки производства, изготовления, реализации и послепродажного обслуживания на основе эффективной системы «обратной связи» и планирования, учитывающего конъюнктуру рынка при минимизации расходов на обеспечение качества.

В США, Японии и странах Западной Европы существуют различные подходы к обеспечению качества продукции и услуг, а также к построению систем управления качеством.

В США комплексное управление качеством понимается как эффективная система мер, принимаемых службами данной организации по разработке, поддержанию качества и повышению качества создаваемой и изготавливаемой продукции. Создание и функционирование системы менеджмента качества предполагает наличие ряда подсистем, включающих:

- управление системой менеджмента качества;
- сбор и обобщение информации о качестве продукции;
- контроль разработки изделия;

- контроль закупленных материалов;
- контроль разработки технологических процессов и операционный контроль;
- контроль характеристик качества выпускаемых изделий и создание специальной контрольно-измерительной аппаратуры;
- проведение специальных исследований по обеспечению качества;
- обучение персонала и повышение его профессиональной подготовки, вовлечение его в работу по повышению уровня качества;
- связь с заказчиком.

Каждая подсистема решает ряд задач, формулирование которых осуществляется на начальной стадии создания системы. В результате разрабатываются документированные методики, определяющие как саму систему управления качеством, так и порядок её функционирования на конкретном предприятии. Документированные методики должны обеспечить:

- определение соответствия изделий требованиям потребителей;
- определение состояния системы и ее анализ, включающий тщательную проверку всех стадий производства изделия на соответствие техническим требованиям;
- оценку стоимости качества по статьям затрат;
- анализ работы изделия в условиях эксплуатации.

Особое внимание уделяется контролю качества, оказывающему существенное влияние на проектирование конструкции высокого технического уровня и на высококачественное изготовление, а также и на обслуживание продукции на этапе эксплуатации. Контроль осуществляют на основе специально составленных программ. Всесторонний контроль качества является организационной формой распределения прав и обязанностей между подразделениями и персоналом, принимающих участие в обеспечении качества.

Разрабатываемые в **Японии** системы обеспечения качества базируются на следующих принципах:

1. Контроль качества должен охватывать все подразделения фирмы. Этот принцип получил название «всеобщий контроль качества».

Для предотвращения брака готовой продукции важно локализовать потенциальный брак как можно раньше. Каждый участник производственного процесса рассматривается как «автономное производство» со своей системой входного и выходного контроля. Для организации подобного контроля на каждом рабочем месте разрабатываются специальные системы.

2. В повышении уровня качества должны принимать участие все сотрудники фирмы, объединённые в «кружки качества».

Движение «кружков качества» появилось как результат осознания всем персоналом необходимости участия в нём. «Кружок качества» – форма организации внепроизводственной деятельности работников фирмы, направленная на разработку мероприятий по повышению качества продукции путём коллективного обсуждения и выявления причин (технического, социального, психологического, физического характера), мешающих работнику как можно лучше выполнить свою работу. Именно рабочие непосредственно на своих местах располагают максимальной информацией о реальном положении дел на производстве.

В функции «кружков качества» входит определение оптимальности технологического процесса, методов и приёмов его выполнения, выработка предложений для руководства фирмы по более рациональной организации производства. На фирме, как правило, имеется центр управления кружками, который обобщает вносимые предложения. «Кружки качества» рассматривают как одно из действенных средств, способствующих выживанию фирмы в условиях жесткой конкуренции.

3. Руководство фирмы должно постоянно осуществлять планирование и контроль уровня качества. Циклическая работа обеспечивается по схеме «план – исполнение – проверка – управляющее воздействие».

Руководство фирмы анализирует получаемую от исполнителей информацию о достижениях и недостатках применяемых методов контроля качества, протоколы повседневного контроля качества. В результате анализа полученной информации проводятся мероприятия по обеспечению качества. Оценка качества осуществляется поэтапно. После первого этапа вырабатываются рекомендации, направленные на устранение выявленных недостатков, и перечень конкретных предложений по совершенствованию качества, которые составляют план работы на последующем этапе. Этапы контроля циклически повторяются, что позволяет поддерживать качество продукции на уровне требований потребителя на внутреннем и внешнем рынках.

4. Статистические методы контроля должны применяться на всех этапах производственного цикла изготовления продукции. От 50 % до 95 % проблем в области контроля качества продукции может быть успешно решено с помощью информации, полученной при статистическом контроле продукции непосредственно производственным персоналом на любом участке работы.

5. Обучение методам контроля качества должно осуществляться на всех уровнях в национальном масштабе. На современном этапе экономического развития решение проблемы повышения качества продукции нельзя обеспечить только за счёт внедрения новых технологий. Неотъемлемым условием обеспечения высокого уровня качества продукции является постоянная профессиональная подготовка и переподготовка специалистов и привлечение к решению задач всех рабочих и инженерно-технических работников.

6. Внедрение методов контроля качества должно иметь всеобъемлющий характер (охватывать всю страну).

Успехи в реализации этого подхода в немалой степени связаны с опорой на следующие характерные особенности японского общества:

- однородность этнического состава общества (единая национальность и единый язык);
- популярность идеи обязательного образования;
- поощрение пребывания работника в одной и той же фирме в течение всего периода его работы, которое воспитывает преданность фирме и обуславливает низкий уровень текучести рабочей силы.

В результате задача достижения высокого качества решается усилиями всего персонала, а не только штатных контролеров. Японская система наряду с высоким качеством обеспечивает и высокую производительность труда.

В Швеции создаются правительственные инспекции по качеству экспортных товаров, задача которых состоит в обеспечении высокого престижа страны на мировом рынке. Характерной чертой мероприятий по управлению качеством продукции на самих фирмах является то, что их жёстко увязывают с работами по стандартизации.

В Англии в вопросах обеспечения качества важная роль придаётся обеспечению ритмичности производства. Для ее обеспечения необходимо чёткое проведение испытаний опытных образцов, отработка планирования и технологии, высокая производственная дисциплина, а также заблаговременная подготовка покупных изделий и материалов и обеспечение правильных взаимоотношений с поставщиками. Кроме традиционного входного контроля на основе соответствующих документов, потребителем производится инспектирование предприятий-поставщиков, их системы контроля качества, осуществляется совместный анализ отказов, а также организуется взаимодействие при периодической проверке испытательных служб поставщика.

Разработка систем управления качеством в разных странах при наличии национальных особенностей их построения и общей тенденции к интеграции мировой экономики привели к необходимости создания и внедрения

международных стандартов на системы менеджмента качества, которые известны в настоящее время как международные стандарты семейства ИСО 9000.

Первое издание стандартов ИСО было выпущено в 1987 году. Затем были разработаны новые версии стандартов семейства ИСО 9000 (редакции 2000 года и более поздние).

4. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ И СТАНДАРТИЗАЦИОННОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

Как любое исследование, метрологическая и стандартизационная экспертиза должна быть:

- целеопределенной;
- экономичной;
- безошибочной.

Целеопределенность экспертизы связана с конкретизацией ее цели и задач. В отличие от работ по проектированию, изобретательству, контролю, где цели очевидны, а задачи могут интерпретироваться в достаточно узких пределах, цели экспертизы могут быть весьма разнообразны по широте охвата и глубине исследования. Диапазон целевых установок меняется от оценки правильности предъявления и оформления требований, возможности их контроля до поиска путей повышения уровня качества объекта. Цель (общую) формулирует заказчик экспертизы, он же имеет право определить основные задачи. Однако даже достаточно грамотному заказчику часто необходима помощь эксперта в формулировании цели и задач.

Однозначное определение цели экспертизы представляется совершенно необходимым, поскольку без этого невозможна постановка конкретных задач, следовательно, и корректное осуществление экспертизы. При формулировании задач желательно предусмотреть несколько уровней предполагаемых решений (от минимального до самого широкого) для обеспечения возможности выбора из нескольких вариантов. Ресурсную обеспеченность, включая квалификацию экспертов, информационное обеспечение, временной ресурс, обычно учитывают при определении цели и постановке задач экспертизы. Поскольку экспертная работа должна быть выполнена в установленные сроки, при ее планировании следует предусмотреть возможность получения результатов, адекватных поставленной цели, на уровне минимально необхо-

димой информации (нижний информационный предел). Такие результаты экспертизы рассматривают как информационно достаточные, если обеспечены их представительность и безопасность использования.

Для успешного проведения метрологической и стандартизационной экспертизы следует соблюдать определенные **научные принципы**. Соблюдение этих принципов и построенных в соответствии с ними правил и норм экспертной работы гарантирует удовлетворительный уровень качества экспертизы при минимально необходимой (не наивысшей) квалификации эксперта. Несоблюдение научных принципов экспертизы может привести к низкому качеству результатов и вынужденному повторному выполнению работы.

Анализ экспертной деятельности и опыт проведения метрологической и стандартизационной экспертизы как научно-исследовательской работы позволил сформулировать научные принципы ее подготовки и проведения:

- 1. Квантование экспертной деятельности.**
- 2. Установление приоритетности работ.**
- 3. Унификация экспертных работ и результатов экспертизы.**
- 4. Использование научных основ метрологии и стандартизации.**
- 5. Обеспечение информационной безопасности потребителя результатов экспертизы.**

Представленные принципы обладают достаточной общностью и могут быть использованы для экспертизы в любой области (при соответствующем уточнении четвертого принципа). Например, для экспертизы уровня качества объекта формулировка этого принципа должна быть «Использование научных основ квалиметрии». Схематически принципы подготовки и проведения метрологической и стандартизационной экспертизы показаны на рисунке 4.1.

Для того чтобы экспертиза была рациональной и экономичной необходимо не только определить цель и поставить задачи, но и разбить всю работу на относительно автономные части, оценить уровни важности и порядок ре-

шения задач. Далее экспертизу выполняют в соответствии с намеченным планом. В основе такого подхода к планированию и проведению экспертизы лежат первые два принципа (принципы квантования работы и установления приоритетности ее составных частей).



Рисунок 4.1 – Принципы подготовки и проведения метрологической и стандартизационной экспертизы

Цель экспертизы можно сформулировать обобщенно, но вытекающие из нее задачи всегда направлены на выполнение определенных действий и получение конкретных результатов. Необходимость определения конкретных действий и ожидаемых результатов подтверждает роль первого принципа экспертизы, сформулированного как «**квантование экспертной деятельности**». Квантование представляет собой не столько техническую, сколько содержательную операцию, осуществляемую на начальной стадии экспертизы.

Основной смысл квантования экспертной деятельности заключается в возможности разделить ее на относительно автономные фрагменты, причем после завершения работы над одним можно приступить к следующему или

сделать перерыв. Практически все сложные виды человеческой деятельности квантуются в отличие от полета при прыжке в воду или движения на велосипеде.

Результатом квантования является набор относительно автономных элементов экспертной работы (вся экспертиза делится на решение отдельных задач). При рассмотрении отдельных «квантов деятельности» иногда становятся не вполне очевидными возможности достижения сложных целей экспертизы путем последовательного решения ряда задач. Для повышения наглядности ансамбль корректно поставленных задач можно изобразить в виде цепочки (дерева, графа) или иной структурной схемы. В качестве примера представим структурную схему задач метрологической экспертизы при анализе контролепригодности объекта (рисунок 4.2).



Рисунок 4.2 – Структура задач метрологической экспертизы (фрагмент)

Эта схема может рассматриваться как фрагмент более общей структуры задач метрологической экспертизы. Она иллюстрирует возможность объ-

единения решений частных задач в интегральные результаты и подтверждает осуществимость планов достижения цели.

Если целью метрологической экспертизы объекта является **оценка** контролепригодности норм, то путь к ее достижению можно разбить на ряд этапов, требующих решения конкретных задач (см. рисунок 4.2). Если целью экспертизы будет подтверждение удовлетворительного уровня требований к объекту или определение оптимальности предъявляемых к объекту требований, то задачи придется в значительной мере трансформировать.

Квантование экспертной деятельности может иметь существенные особенности, если наряду с основной целью преследуют также одну или несколько дополнительных целей экспертизы (обучение экспертов, оптимизация экспертной работы и др.). В таком случае в процессы подготовки и проведения экспертизы включают дополнительные задачи. Так задачи обучения экспертов решают путем ознакомления экспертов с результатами экспертизы и процессами их получения. В частности, полезно ознакомить обучаемых с процессами разработки методик решения частных задач, с методами оценки требуемой и реализуемой точности измерений и т.д.

На рисунке 4.3 деятельность при подготовке и проведении метрологической и/или стандартизационной экспертизы представлена в виде алгоритмической инструкции. «Кванты» экспертной деятельности представлены в виде овалов элементов структуры, в прямоугольниках заключены результаты каждой из частных работ. Экспертная деятельность развернута во времени и разбита на этапы, а также на схеме отражены обратные связи, показывающие возможности вернуться к ранее пройденным этапам.

Возможны и иные представления «квантов экспертной деятельности», например, в виде ряда решаемых экспертом задач (см. таблицы 2.1 и 2.2).

При квантовании экспертной деятельности можно расположить ее ожидаемые результаты на нескольких иерархических уровнях, что позволит определить задачи с одинаковыми иерархическими уровнями. Если кванто-

вание экспертной деятельности осуществляется с учетом иерархических уровней, то фактически параллельно с квантованием определяются и приоритеты составных частей (элементов экспертизы как системы).

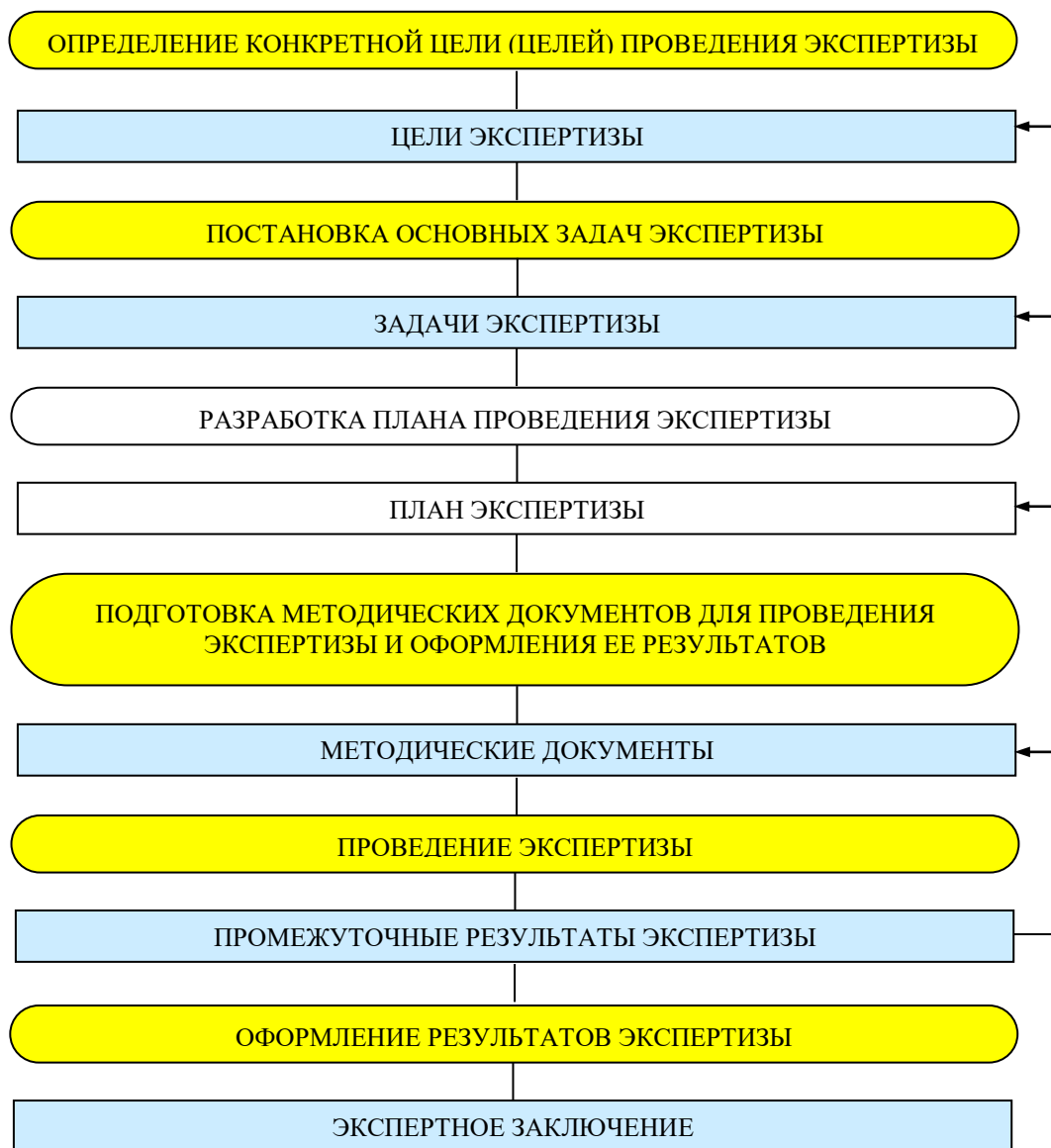


Рисунок 4.3 – Структура метрологической и стандартизационной экспертизы (алгоритмическая инструкция ее подготовки и проведения)

Выбор иерархических уровней для поставленных задач связан с реализацией второго принципа экспертизы (**установление приоритетности работ**) и позволяет достаточно рационально организовать экспертную деятельность. Поскольку имеющееся в наличии ресурсное обеспечение (квалификация экспертов, время, финансовые средства и др.) всегда ограничено, работу

приходится минимизировать. Установление приоритетности элементов экспертизы и результатов экспертной деятельности по содержанию позволяет предварительно оценить объемы информации, сроки ее получения и представления.

Возможные варианты установления содержательных приоритетов квантов экспертной деятельности для случаев метрологической и стандартизационной экспертизы иллюстрируют таблицы 4.1 и 4.2 (конкретные задачи позаимствованы из таблиц 2.1 и 2.2)

Таблица 4.1 – Уровни приоритетности задач метрологической экспертизы изделия

Задача	Уровень приоритетности
Оценка оформления метрологических требований (задача нормоконтроля)	Третий
Определение номенклатуры экспертируемых требований и норм	Первый
Разделение требований и норм на очевидно приемлемые для контроля и сомнительные	Второй
Выявление дефектных требований и норм	Первый
.....
Поиск методов контроля корректных требований и норм	Первый
Контроль результатов экспертизы	Первый
Оформление экспертного заключения	Первый

Таблица 4.2 – Уровни приоритетности задач стандартизационной экспертизы проекта стандарта

Задача	Уровень приоритетности
Оценка необходимости разработки документа	Первый
Оценка соответствия содержания документа цели разработки	Первый
Оценка отсутствия противоречий в содержании проекта нормативным документам того же или более высокого уровня	Первый
Оценка отсутствия внутренних противоречий в содержании проекта	Первый
Оценка корректности установленных в проекте требований	Первый
.....
Оценка правильности оформления проекта	Второй
Оценка грамотности изложения проекта	Третий
Контроль результатов экспертизы	Первый
Оформление отзыва на проект	Первый

Уровни приоритетности можно устанавливать по множеству различных оснований классификации, главными из которых являются семантические признаки (содержательное квантование) и очередность решения задач.

При квантовании ожидаемых результатов экспертной деятельности по информационной значимости предпочтительно распределять, их на три уровня с очевидными приоритетами:

1. Минимально необходимая для заказчика информация.
2. Нужная заказчику информация, превышающая необходимый минимум.
3. Желательная информация.

Каждый из этих уровней предусматривает включение всей информации предыдущих. Информацию, характеризующую представленные уровни приоритетности можно описать как «информация, без которой нельзя», «информация, которая нужна заказчику для повышения качества объекта», «информация, которая будет полезна заказчику в перспективе».

Расшифровать содержание информации по уровням можно следующим образом. На первом уровне заказчику представляют результаты экспертизы, без которых он не может обойтись (фиксируют контролепригодность значимых параметров объекта, указывают неконтролепригодные параметры и причины их неконтролепригодности, с тем чтобы разработчик мог устранить эти дефекты). Поскольку эксперт не обязан выполнять обязанности разработчика, минимальный объем работы можно ограничить получением критической экспертной информации. Все, что выходит за информацию первого приоритетного уровня, следует включать в экспертную работу только по дополнительной договоренности с заказчиком или заранее предусмотреть возможность выполнения такой работы вместе с разработчиком.

На втором уровне информацию предыдущего уровня дополняют доказательством наличия дефектов, пояснениями причин их образования, описанию негативных последствий в случае сохранения принятых решений, а при

возможности и предложениями по устранению неконтролепригодности, включая предложения по модификации объекта, сведения о том, как можно обеспечить косвенный контроль (при необходимости).

В информацию третьего уровня можно включать пояснения (промежуточные математические преобразования, доказательства не вполне очевидных решений, поясняющие схемы и иллюстрации, примеры вычислений и т.д.), которые не являются остро необходимыми для профессионалов, но могут быть полезными для недостаточно квалифицированных представителей заказчика экспертизы. Такая информация может оказаться полезной для заказчика при устранении неконтролепригодности параметров и для экспертов при повторном решении аналогичных задач.

Базовая информация на всех указанных уровнях должна быть одинаковой, но формы ее представления и объемы подробностей могут существенно различаться.

Экспертиза на более низких уровнях информационной значимости (втором или третьем) может включать дополнительные сведения о решении тех же задач, для которых уже были получены решения на предыдущих уровнях, или решения вновь возникших сопряженных задач. В результате экспертная информация, полученная после экспертизы на каждом из последующих уровней, включает всю накопленную на предыдущих уровнях информацию (рисунок 4.4). Иллюстрация соответствует одной из возможных реализаций принципа предпочтительности, широко применяемого в стандартизации.

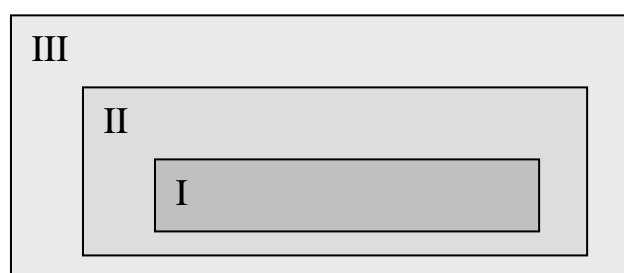


Рисунок 4.4 – Схема приоритетности уровней экспертизы

Содержательное квантование и установление приоритетов выполняется непосредственно после определения цели экспертизы на этапе постановки задач и дает возможность минимизировать объем экспертной работы. Поставленные задачи желательно сформулировать письменно с указанием уровней значимости и представить заказчику экспертизы для согласования. Согласованные задачи являются основой планового проведения экспертных работ даже в том случае, если план экспертизы не оформляется в виде отдельного документа.

Содержательное квантование как основное в оценке приоритетов (в таблицах 4.1 и 4.2 приоритеты указаны именно по этому признаку) фактически осуществляется при любой экспертизе, однако это никак не отражается на оформлении экспертного заключения. Для опытного эксперта такое квантование является очевидным и письменному оформлению не подлежит. Для начинающего эксперта или при экспертизе совершенно нового объекта иногда бывает полезно для себя зафиксировать приоритеты в письменном виде.

Однако содержательное квантование, определяя важность задач и ожидаемых результатов их решения, не обязательно определяет их хронологическую последовательность. Так контроль результатов экспертизы при очевидно высшем уровне содержательной приоритетности может выполняться только после выполнения соответствующей экспертной работы любых уровней приоритетности.

При квантовании экспертной деятельности по времени следует учитывать иерархические уровни предполагаемого содержания отчетных материалов в целом в соответствии с их информационной значимостью:

- вся минимально необходимая экспертная работа (основная работа) – выполняется в установленный срок или досрочно;

- некоторая дополнительная работа выполняется плюс к основной в установленные сроки при удачном стечении обстоятельств;
- дополнительная работа значительных объемов, включающая подробную проработку некоторых задач оптимизации объекта и обеспечения контролепригодности требований к нему, – если она не укладывается в установленный срок, выполняется за пределами установленных сроков как продолжение работы на условиях новой договоренности с заказчиком или в инициативном порядке (для собственных нужд в предположении использования в будущих экспертизах).

При планировании экспертных работ основное внимание должно быть направлено на представление результатов в договорные сроки. Сроки устанавливаются по согласованию с заказчиком с учетом резервирования времени на решение наиболее сложных задач и выполнение дополнительно возникающих в ходе экспертизы работ. При этом ужесточение сроков автоматически влечет за собой минимизацию планируемых экспертных работ и представляемой заказчику информации.

Квантование по времени экспертной работы в рамках выполнения отдельных задач имеет определенные особенности:

- работы выполняют в очередности, определяемой структурой сложных задач, включающих в себя более простые (например, для аналитической оценки погрешности измерений требуется предварительное оценивание погрешностей от каждого источника);
- возможно первоочередное решение относительно автономных и не слишком трудоемких задач (например, анализ корректности требований к общим допускам при стандартизационной экспертизе).

При решении экспертных задач соблюдение приоритетов по срокам предполагает обязательное завершение минимально необходимой работы в установленный срок. При этом хронологическая последовательность решения задач может не совпадать с иерархическими уровнями их важности.

Например, при метрологической экспертизе поиск методов контроля корректных требований и норм (первый иерархический уровень содержательной приоритетности) можно осуществлять только после разделения требований на очевидно приемлемые для контроля и сомнительные (второй уровень) и коррекции дефектных требований и норм (второй уровень). Поскольку контроль результатов экспертизы (первый уровень) возможен только после их получения, полностью завершить эту работу можно только на последнем хронологическом этапе (контролю подлежат и окончательные результаты экспертизы, включая форму их представления).

Учет содержательной иерархии задач при квантовании по срокам заключается в том, что приоритетным задачам уделяют больше внимания и времени, а порядок представления заказчику результатов их решения учитывает порядок, заданный содержательной иерархией.

Третий принцип – **принцип унификации экспертных работ и результатов** – обычный для любых научно-технических работ принцип упорядочения, который в предельном случае приводит к оформлению стандартов на экспертизу. Очевидно, что экспертная работа будет тем более успешной, чем лучше формализованы процессы ее подготовки и проведения. Формализация может включать в себя унификацию элементов экспертизы и форм представления результатов, что открывает возможности автоматизации (использование компьютерной поддержки, баз данных, специализированных программных продуктов и т.д.).

Унифицировать можно процесс определения иерархической структуры задач в соответствии с выбранной целью экспертизы. Построение структур в соответствии с определенными правилами: постановка задач, установление приоритетов (для последующего редуцирования задачи должны иметь несколько унифицированных уровней по широте предполагаемого решения) – все это можно выполнять по заранее подготовленным трафаретам («стандар-

там экспертизы»), разработанным субъектом хозяйствования или самим экспертом.

Для предотвращения возможных конфликтов между исполнителем и заказчиком минимально необходимый результат экспертизы также подлежит унификации. Получение информационно достаточных результатов должно повлечь за собой прекращение экспертизы или резкое сокращение дальнейших работ. Остановка экспертизы при достижении результатов, адекватных поставленной цели и задачам по минимальному пределу, установленному как высший приоритет, обеспечивает ресурсосбережение при проведении экспертизы, которая в ином случае может иметь практически бесконечное и нерациональное продолжение.

Принцип использования научных основ метрологии и стандартизации является самоочевидным, поскольку экспертиза всегда опирается на научные принципы, постулаты, методы, математический аппарат и другие научные достижения конкретной области знаний. Особенности реализации этого принципа в метрологической и стандартизационной экспертизе заключаются в следующем:

- метрология и стандартизация являются интенсивно развивающимися научными областями и в современном состоянии не обладают общепризнанными научными принципами;
- недостаточно высокий уровень развития научных основ собственно метрологической и стандартизационной экспертизы затрудняет использование при ее проведении даже тех научных принципов, постулатов, методов, математического аппарата и других научных достижений, которые являются общепризнанными в метрологии стандартизации.

Повышение научной строгости экспертизы обусловлено возможными уточнениями тех научных принципов метрологии и стандартизации, которые непосредственно применяют при экспертизе. Поскольку экспертизу необходимо проводить сегодня, экспертная работа должна опираться на те не со-

держателе явных ошибок и противоречий научные принципы метрологии и стандартизации, которые признает эксперт, не ожидая их уточнений или трансформации.

Обеспечение информационной безопасности потребителя результатов экспертизы подразумевает безопасность заказчика или другого пользователя, которому доступна информация.

Причинами информационных опасностей при использовании научно-технической информации могут быть:

- низкое качество информации (ложные данные, принципиальные ошибки, недостаточность или неполнота информации);
- неправильное использование высококачественной информации (при несоответствии условий, исходных данных, некорректном интерполировании или экстраполировании и др.).

Очевидно, что для обеспечения информационной безопасности потребителя результатов метрологической и стандартизационной экспертизы, его следует не только защитить от низкокачественной информации (информационного брака), но и предупредить об опасности некорректного использования полученной информации.

Профилактика информационного брака в итогах экспертизы возможна за счет критической оценки экспертной работы, а также ее промежуточных результатов, например по завершении этапа. При необходимости осуществляется корректировка работ и пересмотр результатов. Поскольку эксперт по определению является наиболее квалифицированным специалистом, появляется необходимость экспертизы собственной деятельности, или при возможности – привлечения для критики другого эксперта.

С целью предупреждения информационного брака эксперт должен:

- использовать только апробированные источники информации, в частности нормативные документы. Отчеты о научно-исследовательских работах, монографии, любые другие публикации используют только при соответ-

ствующем уровне доверия к их авторам, причем сомнительные моменты подвергают дополнительной аналитической или экспериментальной проверке;

- проверять по первоисточникам любую исходную информацию, вызывающую сомнения, не полагаясь на собственную память, представление, трактовку;

- приводить оценки достоверности экспертируемой и привлекаемой информации (включая оценки погрешностей измерений, результаты измерений, контроля, испытаний, другие экспериментальные данные, аналитическую информацию);

- обеспечить корректность выводов (недопустимы недостаточно обоснованные выводы и выводы предположительного характера). Все выводы должны базироваться только на результатах проведенной экспертной работы, а рекомендации при необходимости следует снабжать указаниями области возможного применения;

- организовать систему контроля и самоконтроля результатов работы эксперта, например, включающую «двойную проверку» материалов, апробацию предварительных результатов заказчиком, усиленный контроль «опасных элементов», дополнительное привлечение экспертов по узким вопросам и др.

Соблюдение представленных требований обеспечит отсутствие в результатах экспертизы значимых ошибок, хотя опыт проведения экспертизы свидетельствует о возможном наличии некоторых погрешностей в результатах даже достаточно тщательно выполненных работ.

Опасности, связанные с неправильным использованием информации, можно предупредить, если в описание результатов экспертизы будут включены:

- принятые в ходе проведения экспертизы допущения и упрощения (допущения о приближенном равенстве числовых значений, использование аппроксимации линий и поверхностей, использование приближенных матема-

тических зависимостей, выбранные виды распределений случайных величин, значения принятых доверительных вероятностей, уровней значимости, и др.);

- указания на ограниченные возможности распространения результатов (только на ситуации, которые можно адекватно описать той же моделью).

Недопустимо несоответствие значимых условий, исходных данных, некорректное интерполирование или экстраполирование и др.

- аналитическое подтверждение положений и утверждений, имеющих существенное значение для результатов экспертизы (доказательства пренебрежимой малости погрешностей, исключаемых из последующего рассмотрения, подтверждение одинаковости механизмов влияния или возникновения погрешностей и т.д.).

При описании принятых допущений и упрощений следует акцентировать внимание пользователя на самом **факте их принятия**. Затем следует объяснить, почему и на каком основании принято допущение или упрощение, и при необходимости представить прогноз ситуаций, которые могут иметь место, если принятое допущение не оправдается.

Полностью предотвратить неправильное использование заказчиком полученной в ходе экспертизы информации невозможно, основные профилактические действия следует направить на повышение квалификации пользователя. Квалифицированным можно считать только того пользователя, который правильно оценивает уровень собственной компетентности и приглашает эксперта для работы, требующей специальной подготовки.

5. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СТАНДАРТИЗАЦИОННОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

В главе 4 представлены **общие принципы** подготовки и проведения метрологической и стандартизационной экспертизы, среди которых есть принцип использования научных основ метрологии и стандартизации. Очевидно, что при проведении нормоконтроля необходимо опираться на научные основы стандартизации, главными из которых являются принципы стандартизации объектов. Рассмотрим эти принципы и возможности их применения при осуществлении нормоконтроля. Применяемость этих принципов не ограничивается областью нормоконтроля нормативных документов по стандартизации, их в большей или меньшей мере можно использовать при стандартизационной экспертизе любых тиражируемых объектов (изделий, процессов, документов).

5.1. Основные принципы стандартизации объектов

Теоретические основы стандартизации конкретных объектов включают ряд основополагающих принципов, к которым можно отнести:

- **принцип значимости объекта стандартизации,**
- **принцип предпочтительности,**
- **принцип оптимизации стандартизуемых параметров,**
- **принцип системности,**
- **принцип комплексности.**

Сферы действия названных принципов могут частично перекрываться, но главным условием успешной работы стандартизаторов является комплексное применение принципов на основе системного подхода. Соблюдение этого условия позволит использовать стандартизацию как реальное средство упорядочения научно-технической деятельности, приносящее значительный экономический эффект.

Принцип значимости объекта стандартизации

Поскольку на разработку документов затрачивается время, квалифицированный труд стандартизаторов, а возможно и материально-технические ресурсы на проведение экспериментальных исследований, то в соответствии с **принципом значимости** (рисунок 5.1) для стандартизации выбирают только объекты, соответствующие определенному набору требований. Первый критерий – **существенность объекта** – позволяет отказаться от разработки стандартов на второстепенные и малозначительные объекты, и благодаря этому установить приоритеты в планах разработки стандартов.

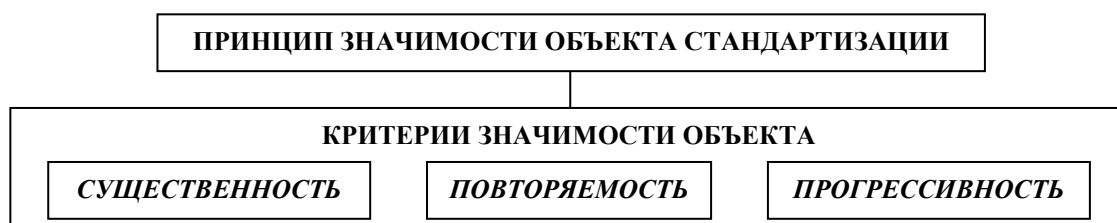


Рисунок 5.1 – Принцип и критерии значимости объектов стандартизации

Вторым критерием является **повторяемость объекта**, которая должна быть достаточно большой, чтобы имело смысл разрабатывать стандарт. Поскольку применение стандарта должно приносить экономический эффект за счет однажды оплаченного апробированного решения типовой задачи, необходимо, чтобы такие задачи встречались достаточно часто. Если объект уникален, то стандарт на него не нужен, повторного использования решений не будет. А себестоимость стандарта на уникальный объект может оказаться соизмеримой с затратами на создание этого объекта, поскольку определение оптимальных параметров требует дорогостоящих исследований.

Еще один важный критерий – **прогрессивность объекта** стандартизации. Для стандартизации следует выбирать те объекты, которые имеют достаточные перспективы применения. Сам стандарт может служить как прогрессу, так и его торможению, поэтому документ по стандартизации должен регламентировать только принципиально значимые свойства объекта, не

препятствуя его возможному дальнейшему развитию и совершенствованию. Если стандарт будет жестко фиксировать достигнутое положение, не предусматривая возможности совершенствования объекта стандартизации, то может наступить санкционированный стандартизаторами застой.

Принцип предпочтительности

Принцип предпочтительности – один из основных принципов, используемых в стандартизации. Различают качественный и количественный аспекты применения этого принципа. **Качественный аспект** состоит в образовании предпочтительных рядов объектов стандартизации. Предпочтительность устанавливают для сложных объектов (изделий, деталей, процессов, типовых решений, обозначений), а также для их элементов (отдельных требований, параметров, норм точности и т.д.). **Количественный аспект** связан с построением числовых параметрических рядов.

Уровней предпочтительности может быть как минимум два. В соответствии с уровнями следует выбирать по возможности более предпочтительные объекты. Как правило, наиболее предпочтительный ряд включает наименьшее количество объектов или параметров объектов стандартизации. Следующие, менее предпочтительные ряды обычно отличаются расширенной номенклатурой и могут включать или не включать объекты предыдущих рядов. Схемы, иллюстрирующие принцип предпочтительности, представлены на рисунке 5.2.

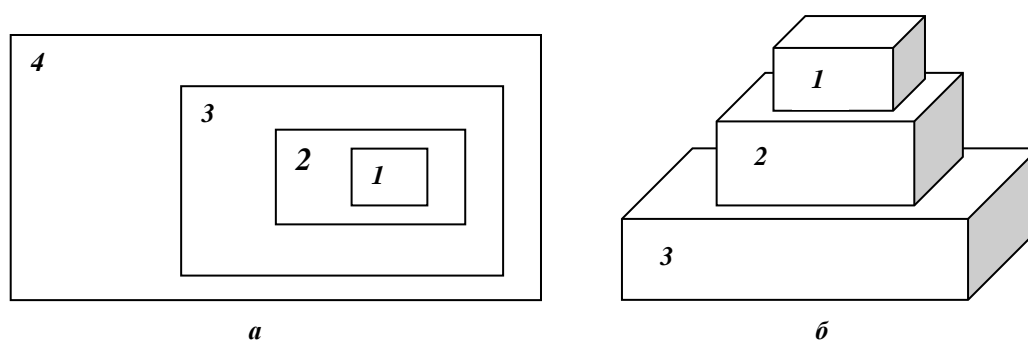


Рисунок 5.2 – Структура принципа предпочтительности объектов стандартизации: *а* – с поглощением объектов более предпочтительных рядов, *б* – с заполнением рядов новыми объектами. Числа указывают уровни предпочтительности рядов

Соблюдение принципа предпочтительности позволяет добиться разумного сокращения применяемой номенклатуры стандартных объектов (элементов). Варианты решения в первую очередь выбирают из наиболее предпочтительного ряда (1) и переходят к менее предпочтительным (2, 3 и др.) только если поставленная задача не имеет удовлетворительного решения на более высоком уровне предпочтительности. В результате при наличии необходимого разнообразия стандартных объектов (элементов) существенно сокращается число **наиболее часто** используемых решений. При этом общее число стандартных решений обычно достаточно велико. Таким образом, принцип предпочтительности служит обеспечению необходимого разнообразия.

Принцип предпочтительности всегда предлагает возможность компромиссного выбора от применения достаточно широкой номенклатуры средств, пригодных для решения любых, в том числе оригинальных и сравнительно редко встречающихся задач, до их значительно сокращенного набора, пригодного для использования в типовых, наиболее часто встречающихся ситуациях.

Примером использования принципа предпочтительности в стандартных системах допусков и посадок могут служить ряды предпочтительности полей допусков гладких цилиндрических поверхностей (предпочтительные поля допусков, затем поля допусков основного отбора, поля допусков системы и, наконец, внесистемные поля допусков, которые можно применять только в технически и экономически обоснованных случаях)

Количественная сторона принципа предпочтительности реализуется через использование рядов предпочтительных чисел. Стандартом установлены пять рядов R , называемых иногда рядами Ренара, которые построены на основе геометрической прогрессии со знаменателем в виде корня определенной степени из десяти (таблица 5.1). Значение членов рядов рассчитывается с использованием этих знаменателей. Ряды $R5...R40$ называются основными,

ряд R80 – дополнительным. Значения знаменателей рядов предпочтительных чисел и самих чисел округлены по сравнению с теоретическими значениями геометрических прогрессий. Свойства рядов предпочтительных чисел в целом соответствуют свойствам геометрической прогрессии.

Таблица 5.1 – Знаменатели рядов предпочтительных чисел

Обозначение ряда	Знаменатель	Округленное значение
R5	$\sqrt[5]{10} \approx 1,5949$	1,6
R10	$\sqrt[10]{10} \approx 1,2589$	1,25
R20	$\sqrt[20]{10} \approx 1,1220$	1,12
R40	$\sqrt[40]{10} \approx 1,0593$	1,06
R80	$\sqrt[80]{10} \approx 1,0292$	1,03

Стандарт ГОСТ 8032–84 устанавливает порядок применения рядов предпочтительных чисел, включая образование производных рядов. Они могут образовываться отбором каждого n -ного члена основного ряда; можно также составлять ряды с неодинаковыми знаменателями в различных диапазонах. Таким образом регулируют номинальные значения членов рядов и их «густоту».

Наиболее предпочтительным является ряд R5, за ним следует ряд R10, и т.д. Дополнительный ряд R80 можно применять только в технически и экономически обоснованных случаях.

В стандарте приведены значения членов рядов от 1 до 10. Значения в других диапазонах рядов определяют умножением приведенных членов на 10 в соответствующей положительной или отрицательной степени. Благодаря этому ряды предпочтительных чисел практически бесконечны в обе стороны. Количество членов каждого ряда в любом десятичном интервале соответ-

ствует числу в обозначении ряда (ряд R5 – пять членов, ряд R10 – 10 членов и т.д.).

В электротехнике применяют также предпочтительные числа, построенные по рядам E – геометрические прогрессии со знаменателями в виде корней из десяти третьей, шестой, двенадцатой, двадцать четвертой, сорок восьмой, девяносто шестой и сто девяносто второй степеней. Примерные значения знаменателей первых четырех рядов E предпочтительных чисел: E3 – 2,2; E6 – 1,5; E12 – 1,2 и E24 – 1,1.

Использование рядов предпочтительных чисел обеспечивает упорядочение и определенный экономический эффект при выборе числовых значений любых параметров, на которые нет конкретного документа по стандартизации. При стандартизации новых параметрических рядов и пересмотре действующих документов также необходимо использование предпочтительных чисел и их рядов. Стандартизуемые и нормируемые параметры могут иметь разный характер, но при выборе их номинальных значений из рядов предпочтительных чисел значительно легче согласуются между собой изделия, предназначенные для работы в одной технологической цепочке, или являющиеся объектами технологического процесса. Например, использование транспортных и грузоподъемных средств будет достаточно рациональным, если грузоподъемность технологических средств и массы грузов будут построены по ряду R5. В частности, рациональная грузоподъемность железнодорожных вагонов в тоннах будет 25, 40, 63 и 100, вместимость (грузоподъемность) контейнеров в килограммах – 250, 400, 630, 1000, масса ящиков в килограммах – 25, 40, 63, 100, масса коробок или банок в граммах – 250, 400, 630 и 1000.

В стандартах при необходимости используют не только геометрическую, но и арифметическую прогрессию. С ее использованием построены ряды размеров обуви и одежды. Применяют также и ступенчатые арифметические ряды с отличающимися разностями на разных диапазонах (номинальные

диаметры резьб, посадочных отверстий внутренних колец подшипников качения и другие).

Оптимизация стандартизуемых параметров

Объектом назначения оптимальных норм может быть изделие или технологический процесс. Методологию назначения оптимальных норм изделия можно представить следующим образом:

- определяют оптимальные выходные параметры и характеристики проектируемого изделия (производительность, мощность, скорость и т.д.), нормируют их предельные значения;
- выясняют связи (функциональные или другие) между влияющими параметрами элементов и некоторым выходным параметром или характеристикой изделия, затем по их допустимому рассеянию определяют необходимые ограничения влияющих параметров.

Такую задачу можно назвать «расчет размерных цепей», поскольку в ней определяют связи между допусками составляющих звеньев (функциональных параметров образующих изделие элементов) и допуском замыкающего звена (выходного параметра или характеристики изделия). Размерные цепи не ограничиваются только линейными и угловыми размерами, они могут быть также электрическими, гидравлическими, пневматическими и т.д. При наличии функциональной связи между звеньями размерной цепи задача решается «в любую сторону» (прямая и обратная задачи или проектный и проверочный расчеты).

Порядок стандартизации оптимальных параметров объекта показан на рисунке 5.3.

Для установления связей между функциональными параметрами элементов объекта и его выходной характеристикой используют модели. Разработка «простой» модели, обеспечивающей удовлетворительные результаты нормирования параметров, является одной из основных задач при проектировании объекта. Решение оптимизационной задачи могут значительно услож-

нить такие обстоятельства, как суммарное нелинейное влияние нескольких параметров на одну выходную характеристику объекта, взаимное влияние параметров, определяющих одну выходную характеристику объекта и т.д.

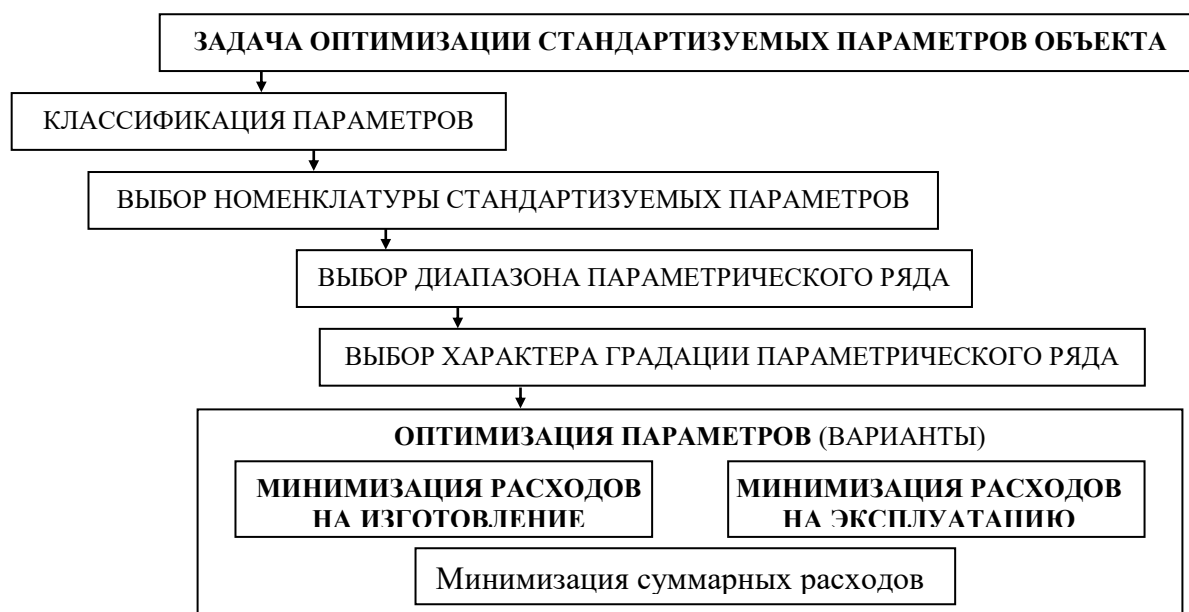


Рисунок 5.3 – Порядок оптимизации параметров объекта стандартизации

Поскольку стандартизация стремится к «достижению всеобщей оптимальной экономии» постановка оптимизационной задачи может выходить за область проектирования конкретного объекта. Так при разработке гаммы изделий одного назначения с отличающимися техническими характеристиками оптимизации подлежит число (ряд) объектов, необходимых для удовлетворения запросов всех потенциальных потребителей при умеренных затратах производителя из-за роста номенклатуры. При стандартизации полуфабрикатов, сборочных единиц, комплектующих элементов и включающих их более сложных изделий возникают задачи минимизации суммарных затрат на изготовление полуфабрикатов и комплектующих изделий, их трансформацию и встраивание в сложное изделие.

Корректно поставленные задачи оптимизации решаются математическими методами, которые хорошо разработаны в специальной области, называемой теорией оптимизации. Основная сложность чаще всего состоит не в

поиске решения задачи, а в необходимости правильной ее постановки, включая выбор граничных условий и критериев оптимизации. В процессе постановки оптимизационной задачи необходимо классифицировать параметры объекта, выделив основные и второстепенные, чтобы определить приоритеты стандартизации. После выбора номенклатуры стандартизуемых параметров следует определить границы параметрических рядов с учетом перспектив развития объектов стандартизации в сторону увеличения масштабов и/или в сторону миниатюризации.

Выбранные диапазоны параметров должны быть заполнены предполагаемым множеством (рядом) объектов стандартизации. Выбор характера градации параметрического ряда (его структуры и частоты) также входит в задачу оптимизации. Параметрические ряды обычно строят с учетом предпочтительных чисел (параметры на базе рядов, знаменатели из членов рядов и др.).

Принцип системности

Принцип системности в стандартизации предусматривает применение системного подхода как к объекту стандартизации, так и к организации самих документов по стандартизации (рисунок 5.4).

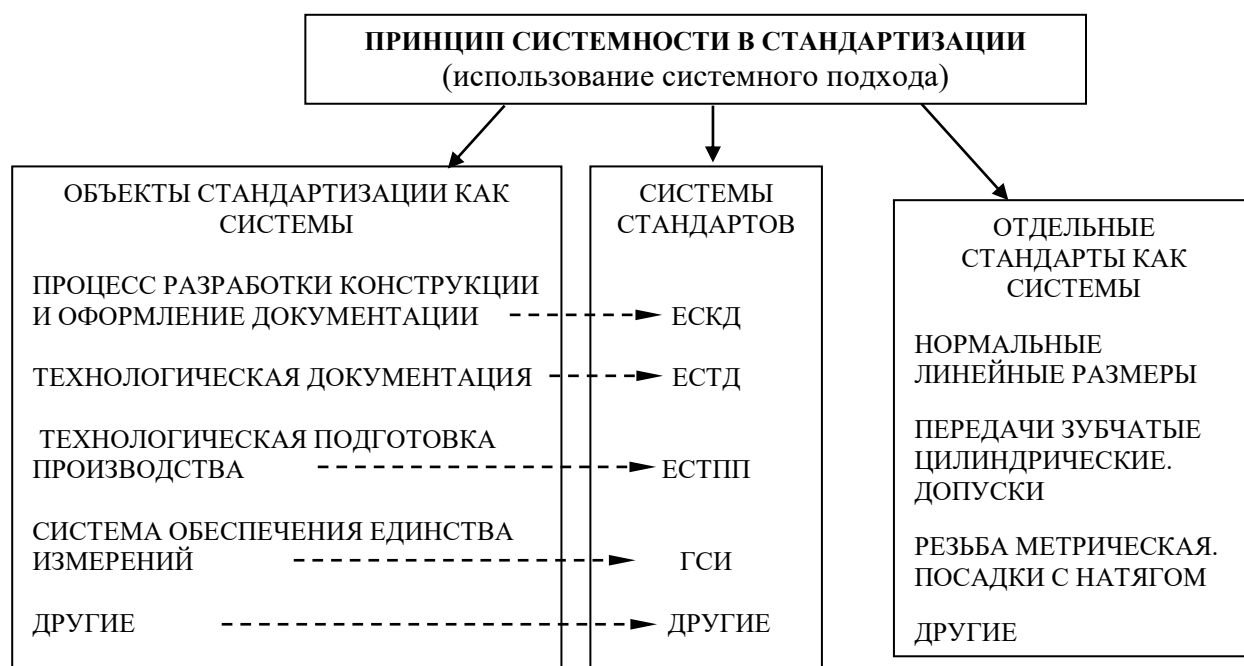


Рисунок 5.4 – Примеры использования системного подхода в стандартизации

Системный подход подразумевает рассмотрение элементов, образующих систему, с учетом связей между ними, что позволяет разрабатывать систему взаимно увязанных требований к собственно объекту стандартизации и к основным элементам, составляющим этот объект или используемым при эксплуатации (потреблении) объекта стандартизации.

Система (от древнегреческого *σύνστημα* – соединенное в одно целое из многих частей) – множество закономерно соединенных между собой элементов, образующих определенную целостность, единство. Такое наиболее общее определение системы позволяет строить системы при минимальной упорядоченности и наличии очень слабо выраженных связей между элементами (слабые или «мягкие» системы).

Например, такая система, как естественный язык характеризуется наличием множества исключений, неоднозначностью трактовки правил и высказываний, изменениями во времени. К «мягким» системам можно отнести этикет, который в большинстве состоит из «неписаных» предписаний. Противоположностью «мягким» системам являются строгие логические системы, построенные на использовании ограниченного числа аксиом (евклидова геометрия, натуральный ряд чисел и др.).

Деление систем на «мягкие» и «жесткие» в значительной степени условно. Обычно технические системы по упорядоченности занимают некое среднее место между расплывчатыми социальными и строгими абстрактными (идеальными) системами. Повышение уровня определенности норм направлено на построение жесткой системы, в которой все должно быть однозначно определено. В качестве примеров можно привести «машинные языки», гражданский или уголовный кодекс, правила дорожного движения, системы конструкторской или технологической документации. Официально утвержденные нормы могут быть оформлены в виде приказов, правил, законов, положений или стандартов.

В стандартизации очевидно стремление к разработке жестких систем, так как любая неоднозначность здесь может привести к возникновению конфликтной ситуации. Разработка жестких систем предполагает использование таких принципов, как достаточность, определенность и оптимальность норм.

Любой объект стандартизации (изделие, техпроцесс, набор условных обозначений) следует рассматривать как систему определенного уровня сложности. Если объект стандартизации сравнительно прост, можно ограничиться разработкой одного стандарта, например, «ГОСТ 8820-69. Канавки для выхода шлифовального круга. Форма и размеры» или «ГОСТ 2590-88. Прокат стальной горячекатаный круглый. Сортамент».

Сложные объекты стандартизации могут представлять собой системы, включающие в себя не только элементы, но и другие системы более низкого уровня (подсистемы). В подобных случаях на объект разрабатывают систему стандартов, в состав которой могут входить подсистемы стандартов, хотя такого наименования официально в стандартизации нет. К примеру, Единая система конструкторской документации (ЕСКД) включает значительное число подсистем, включая такие как «Общие правила выполнения чертежей» (ГОСТ 2.3XX-XX), «Правила выполнения схем и обозначения условные графические» (ГОСТ 2.7XX-XX) и ряд других. В «Основные положения» ЕСКД входят стадии разработки конструкторской документации, которые по составу элементов и их взаимосвязям представляют собой формализованную систему, определяющую состав и порядок разработки конструкторской документации.

Хотя формальные наименования «систем стандартов» не всегда однозначно соответствуют сути определения системы, это не умаляет значения принципа системности и необходимости его применения в стандартизации.

Принцип комплексности

Комплексный подход в стандартизации подразумевает установление и применение взаимно увязанных норм и требований к объектам стандартиза-

ции, взаимосвязанным в процессе производства и/или эксплуатации либо потребления. Очевидными комплексами документов по стандартизации можно считать такие, которые объединяют требования к материалам, полуфабрикатам, деталям, комплектующим и изготовляемым из них сложным изделиям, машинам, приборам. Можно также проследить связь между конструкционными материалами, сортаментом проката, материалами и конструкциями режущего инструмента и требованиями к технологическому оборудованию.

Если учесть, что однотипные материалы, полуфабрикаты и комплектующие применяют для создания машин и приборов разного назначения, то можно сделать вывод о комплексном подходе к стандартизации как о попытке оптимизации взаимодействия соприкасающихся, пересекающихся или косвенно связанных между собой объектов (систем). Не очевидны связи между музыкой, стандартизацией и метрологией, но без стандартных единиц физических величин (времени и частоты), реализующих эти единицы эталонов и других средств измерений невозможна согласованная настройка музыкальных инструментов. Более явными представляются связи между размерами сверл и метчиков, или размерами сверла, развертки и жесткого калибра-пробки.

Для повышения качества электронной аппаратуры необходимо повысить требования к комплектующим изделиям, в том числе к «элементной базе» – микросхемам, полупроводниковым приборам, резисторам, конденсаторам и т.д. Для повышения качества этих элементов приходится ужесточать требования к полуфабрикатам и материалам, которые идут на их изготовление. Очевидно, что необходимо будет также менять требования к технологическим процессам по всей цепочке изготовления изделия. На рисунке 5.5 представлены примеры использования в стандартизации принципа комплексности.

Минимальным комплексом стандартов можно считать изданные одной брошюрой стандарты ГОСТ 2789-73 «Шероховатость поверхности. Парамет-

ры и характеристики» и ГОСТ 2.309-73 «ЕСКД. Обозначение шероховатости поверхностей». Аналогичные комплексы знакомы всем, кто изучал не только ЕСКД, но и системы допусков формы и расположения поверхностей, системы допусков и посадок конусов и ряд других.

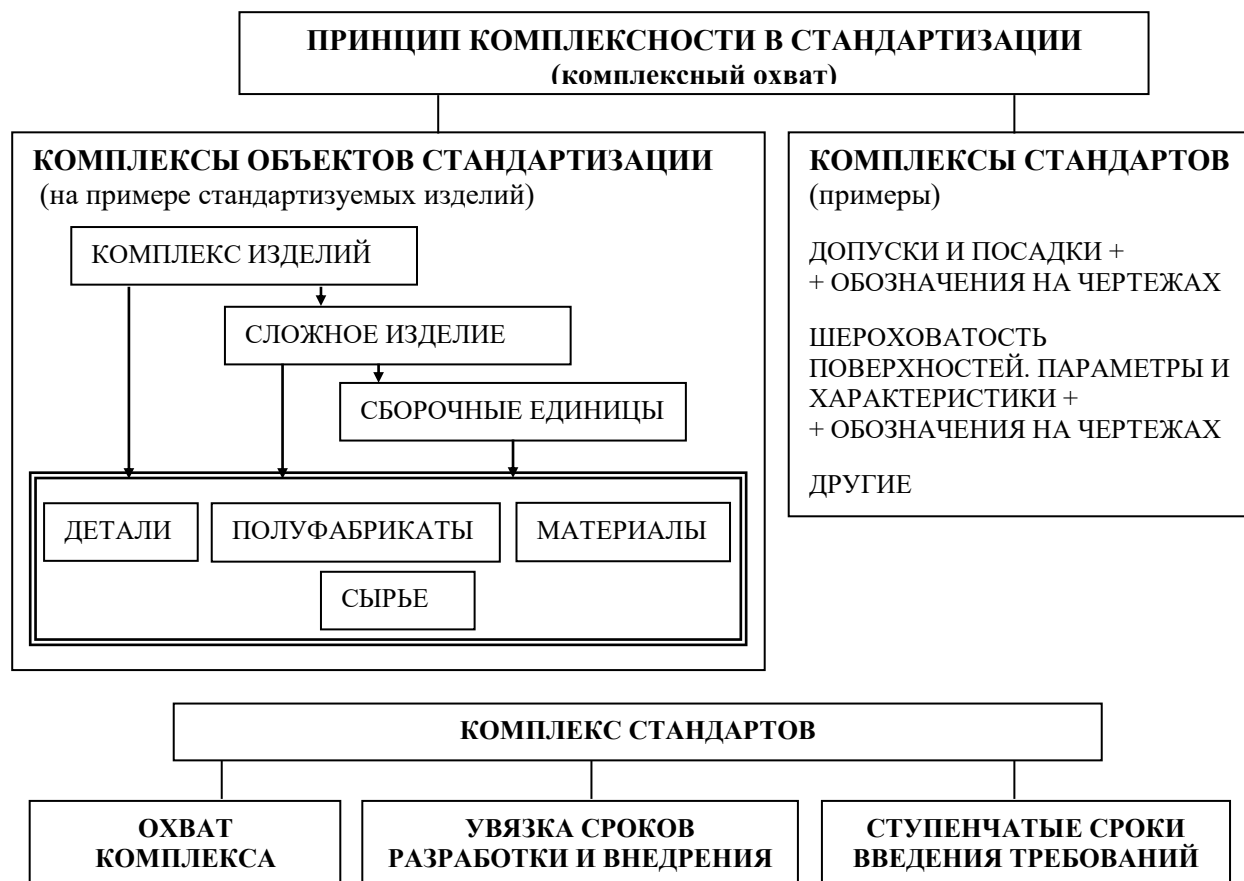


Рисунок 5.5 – Примеры использования принципа комплексности в стандартизации

Известным сложным изделием является автомобиль, который придется «увязывать» со стандартами на металлы и сплавы, другие конструкционные и горюче-смазочные материалы, на приборы для измерения разных физических величин, с экологическими нормами, с правилами дорожного движения и юридическими нормами.

Одна из самых распространенных стандартных сборочных единиц – подшипник качения. В комплекс стандартов, связанных с подшипниками, входят стандарты на материалы для изготовления его деталей, стандарты на

сами подшипники, а также стандарты, регламентирующие посадки подшипников качения и требования к поверхностям, сопрягаемым с подшипниками.

Идеальной была бы такая ситуация, когда все стандарты составляли бы одну сверхмощную систему (надсистему), но столь же очевидно, что такой идеал недостижим. Одна из сторон принципа комплексности состоит в последовательном приближении к созданию глобальной системы стандартов, правил их разработки и применения.

Важной задачей комплексной стандартизации является ограничение числа входящих в комплекс элементов и их связей, поскольку возможно практически бесконечное расширение любого комплекса. Оптимальное ограничение комплекса объектов стандартизации позволяет достичь значительно-го экономического эффекта за счет применения стандартов с взаимоувязанными требованиями и позволит сократить время и труд на их разработку.

Еще одна задача комплексной стандартизации состоит в обеспечении преемственности вновь назначаемых норм с ранее использовавшимися, в увязывании разрабатываемых стандартов с действующими. Практически весь мир отказывается от дюймовой системы мер длины, но следы ее применения обнаруживаются даже в столь прогрессивной области, как компьютеры, не говоря о дюймовых резьбах, калибрах оружия и др.

Комплексный подход позволяет успешно решить еще одну внутренне противоречивую задачу стандартизации – назначение в стандартах перспективных норм и требований. Когда разрабатывается новый комплекс требований, его согласуют не только с действующими стандартами и требованиями международных и наиболее прогрессивных национальных стандартов других стран. Обязательно необходимо учитывать также и современное состояние национальной техники и технологии, которая может оказаться не готовой к обеспечению резко ужесточающихся требований.

Дилемма, которая при этом возникает (старые нормы тормозят производство, а новые не обеспечены техническими возможностями) может быть

решена принятием стандартов со ступенчатыми сроками введения отдельных норм. В таком случае пользователя стандарта заранее предупреждают о необходимости революционизировать производство, а не ставят внезапно перед фактом невозможности продолжения работы.

5.2. Требования к объектам, проверяемые в ходе стандартизационной экспертизы

При стандартизационной экспертизе объекта источником информации может быть любая документация, регламентирующая требования к этому объекту (нормативные документы), включая чертежи, пояснительные записки и др. Отличие большинства этих документов от обычных НД по стандартизации заключается в том, что их требования направлены на объекты (процессы, изделия), не обладающие столь значительной общностью (см. «Принцип значимости объекта стандартизации»), и потому предусмотрены иные процедуры их разработки и утверждения. Объектами НД по стандартизации также являются процессы или/и изделия, но цель этих документов – не реализация конкретного процесса или изготовление конкретного изделия, а установление обобщенных требований к объектам.

Общую техническую экспертизу часто осуществляют, извлекая информацию из реальных объектов, например при поиске причин аварии транспорта, станка или здания анализируют обломки. Стандартизационная экспертиза объекта имеет определенные особенности: ее проводят на основании информации, содержащейся в документации на экспертируемый объект, причем этот объект может существовать только «на бумаге». Проведение стандартизационной экспертизы реального объекта без документации на него может существенно затруднить работу, поскольку, например нормы точности параметров (допуски размеров, формы, расположения поверхностей деталей), которые в документации вполне доступны, по готовому изделию однозначно установить практически невозможно.

Сходство используемых при стандартизационной экспертизе нормативных документов с НД по стандартизации приводит к логическому выводу о возможности и необходимости использовать при экспертизе любого объекта оценку его соответствия основным принципам стандартизации, особенно таким как системный подход к объектам, комплексный охват требований и целых объектов, оптимизация их параметров и формализация параметрических рядов. Кроме того, при экспертизе конкретных объектов обязательно следует использовать результаты соответствующих научных направлений стандартизации, включая новейшие достижения.

Математические методы оптимизации параметров используют для достижения «всеобщей оптимальной экономии» как в сфере эксплуатации стандартных изделий, так и при их изготовлении. Например, главные параметры некоторого типоразмерного ряда изделий (стиральных машин, самолетов, кроссовок, сверлильных станков, микрометров) должны представлять ряды значений, которые покрывают основные запросы потребителя при минимизации затрат изготовителя. Формализация параметрических рядов используется для выбора и назначения наиболее обоснованного ряда. В ходе экспертизы конкретного объекта следует рассмотреть, насколько удачно он вписывается в формальные стандартные ряды чисел, такие как геометрическая прогрессия, арифметическая прогрессия или их комбинации в различных сочетаниях.

Установление стандартных норм на параметры проектируемого объекта подчиняется определенным условиям и преследует цели в первую очередь экономического характера. Нормирование параметров и характеристик любых объектов направлено на минимизацию средств, необходимых для получения удовлетворительных результатов. При этом нормы на изделия и процессы **должны ограничивать уровень качества объектов снизу**, защищая интересы потребителя, а нормирование условных обозначений должно обес-

печатать экономически оправданное кодирование информации и удовлетворительные возможности ее расшифровки потребителем.

Анализ требований к конкретным параметрам объекта включает проверку использования методов и соблюдения правил нормирования, а также проверку оформления назначенных норм (рисунок 5.6).

Рассмотрим более подробно методы и правила нормирования с позиций их возможного использования в ходе стандартизационной экспертизы.

Методы нормирования:

- **нормирование по аналогии**, т.е. заимствование норм, например прямой перенос требований НД или норм объекта-прототипа на проектируемый объект (в литературе «метод прецедентов или аналогов»), либо заимствование апробированных решений подобных задач из ранее выполненных проектов, справочной и научно-технической литературы и других источников («метод подобия»);

- **назначение норм по итогам специально проведенной исследовательской работы**, которая может включать теоретическое прогнозирование результатов при выбранных нормах или оценку (расчет) норм для достижения заданных результатов (в литературе «расчетный метод»), либо экспериментальное исследование вариантов изделий с произвольно (интуитивно, методом проб) назначенными нормами.

Возможно также «смешанное» использование этих двух подходов.

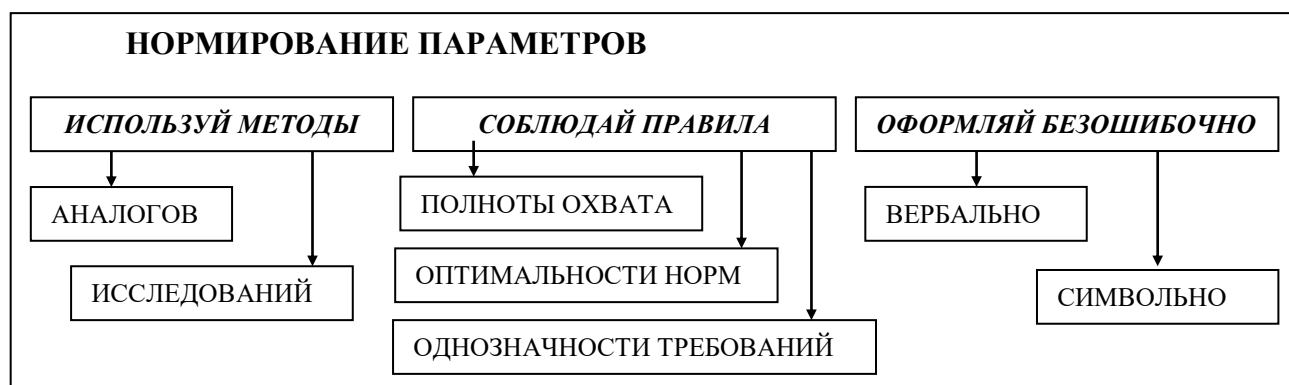


Рисунок 4.6 – Структура нормирования параметров

Использование опыта решения многократно повторяющихся задач, зафиксированного в информационных источниках, обеспечивает значительное сокращение времени нормирования. Нормы можно назначать, используя готовые, многократно апробированные пути, алгоритмы, а также результаты прежних аналогичных работ. Аналогии берут из нормативной документации, справочников, научно-технической литературы, готовых конструкторских и технологических разработок. Назначение норм по аналогии с известными решениями оправдывает себя в тех случаях, когда решают не слишком ответственную задачу, используют известное решение при жестком ограничении условий задачи (тривиальная задача) или заимствуют апробированное решение действительно подобных задач.

В случае заимствования нормированных предельных значений нормирование укладывается в один этап, поскольку установленные границы автоматически соответствуют стандартным. При установлении предельных значений путем исследований, переход от функционально обоснованных норм к ближайшим стандартным может составить отдельный этап нормирования, который потребует достаточно высокой квалификации.

В ходе экспертизы могут быть обнаружены дефектные нормы, заданные разработчиком по результатам применения любого из методов нормирования. Назначение дефектных норм по аналогии может быть вызвано некорректным выбором аналогов (принципиальные различия в целевых установках, условиях функционирования, неправильная оценка масштабного фактора и т.д.).

Назначение дефектных норм по результатам применения исследовательских методов могут быть вызваны ошибками самих исследований или неправильной трактовкой (переносом) полученных результатов.

Все назначенные нормы, на которые распространяются требования стандартов, должны соответствовать этим требованиям (нормоконтроль обязан обнаруживать и не пропускать несоответствия).

Правила нормирования:

- **Полнота охвата параметров** будет достаточной, если отсутствие каких-то норм не может отрицательно сказаться на качестве изделия. Следует жестко нормировать функционально важные параметры и более свободно – все остальные. Необходимо учитывать, что ненормированные («забытые») параметры изготовитель истолковывает произвольно, как правило, в сторону расширения допусков, а это может приводить к снижению уровня качества.

- **Однозначность требований** – нормы должны задаваться настолько определенно, чтобы их соблюдение могли объективно проверить сам изготовитель, контролер и потребитель продукции. Неоднозначность нормирования параметров приводит к возможности неодинакового истолкования, к конфликтам между заказчиком и изготовителем. Неоднозначно нормированные параметры фактически неконтролепригодны.

Экспертиза должна проверять полноту требований к объекту и однозначность их истолкования – в противном случае объект может оказаться неконтролепригодным.

- **Оптимальность нормирования параметров** – оптимальные значения норм обычно устанавливаются, исходя из экономических критериев. Один из возможных вариантов – экономия совокупного общественно-полезного труда на изготовление и эксплуатацию изделия. В случаях, когда работа изделия связана с обеспечением безопасности людей, или выход его из строя может привести к большим экономическим потерям, авариям и т.д., экономичность самого изделия отодвигается на второй план, и основным критерием служит безотказность.

Оптимальность норм, как правило, подразумевает достижение заданного уровня качества с минимальными экономическими затратами. Необходимость оптимального нормирования очевидна, но трудно реализуема из-за множества возможных критериев оптимизации, сложности учета влияющих факторов, противоречивости предъявляемых требований и т.д.

Контроль оформления назначенных требований в соответствии с действующими нормами.

Необходимо помнить, что однозначно установленная норма должна найти адекватное отражение при ее оформлении. Следует избегать формулировок типа: «Каретка должна перемещаться легко и плавно», «Крышку надежно закрепить» и т.д. Оформление требований в документации на нормируемый объект должно обеспечить **однозначное их прочтение и истолкование** изготовителем, контролером и пользователем.

Область оформления нормируемых требований также является объектом стандартизации, поэтому при возможности надо использовать стандартные выражения норм (стандартные термины, определения, условные обозначения). Формулировки в действующей нормативной документации избавляют от необходимости «выдумывать велосипед» и от опасности внести дополнительные («творческие», личные) ошибки. Для обеспечения однозначности требований удобно использовать не только специально разработанные формулировки (вербальное оформление) но и условные обозначения (символьное оформление). При наличии стандартных условных обозначений предпочтительно их использование вместо словесных описаний (информация представляется в компактном виде, быстрее оформляется, читается и проверяется квалифицированным пользователем).

Данные рекомендации предложены для формальной и функциональной экспертизы любых объектов, включая проекты изделий, процессов и результаты научных исследований, но их можно распространить и на экспертизу нормативной документации по стандартизации, которая имеет определенные специфические особенности. В частности, НД по стандартизации следует обязательно экспертировать на предмет соблюдения приведенных в данной главе принципов стандартизации.

6. ПРОВЕДЕНИЕ НОРМОКОНТРОЛЯ

6.1. Структура и состав нормоконтроля

Основные требования к нормоконтролю разных объектов регламентированы нормативными документами (НД) по стандартизации:

ГОСТ 2.111 – 68 ЕСКД. Нормоконтроль;

ГОСТ 3.1116 – 79 ЕСТД. Нормоконтроль;

ГОСТ 21.002 – 81 СПДС. Нормоконтроль проектно-сметной документации.

Кроме того, возможность проведения совмещенных нормоконтроля и метрологической экспертизы оговорены документом РМГ 63 – 2003 «Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Государственная система обеспечения единства измерений. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Метрологическая экспертиза технической документации».

В соответствии с ГОСТ 2.111 ***нормоконтроль** – контроль выполнения конструкторской документации в соответствии с нормами, требованиями и правилами, установленными нормативными документами. Нормоконтроль проводится в целях обеспечения однозначности применения конструкторской документации и установленных в ней норм, требований и правил на всех стадиях жизненного цикла изделия.*

Поскольку этот стандарт относится к Единой системе конструкторской документации, становится понятной некоторая однобокость определений. Из приведенного выше перечня нормативных документов, регламентирующих нормоконтроль разных объектов, очевидно, что нормоконтроль направлен не только на конструкторские разработки – его применяют для анализа технологических процессов, для контроля процессов и изделий в строительстве. Кроме того, нормоконтроль применяют в научно-исследовательской работе и

вообще везде, где деятельность и/или ее результаты регламентированы нормативной документацией по стандартизации.

Общую цель нормоконтроля можно обозначить, как рациональное использование стандартизации (и унификации) при разработке изделий и процессов и их применении (реализации) для достижения «всеобщей оптимальной экономии», как это было сформулировано в одном из определений стандартизации. На достижение этой цели направлены и задачи нормоконтроля.

В соответствии с ГОСТ 2.111 *основными задачами нормоконтроля являются обеспечение:*

а) соблюдения в конструкторской документации норм, требований и правил, установленных в стандартах ЕСКД и в других нормативных документах, указанных в документации;

б) достижения в разрабатываемых изделиях необходимого высокого уровня унификации и стандартизации на основе широкого использования ранее спроектированных, освоенных в производстве и стандартизованных изделий, типовых конструкторских и схемных решений;

в) рационального применения ограничительных номенклатур покупных и стандартизованных изделий и их документов, норм (типоразмеров, качественной точности, условно-графических обозначений и др.), марок материалов, полуфабрикатов и т. п.;

г) достижения единообразия в оформлении, учете, хранении, изменении конструкторской документации;

д) соблюдения нормативных требований в условиях выпуска документов автоматизированным способом в бумажной и (или) электронной форме.

Из перечисления ясно, что первая, четвертая и пятая задачи (задачи *а*, *г* и *д*) относятся к документации, а задачи *б* и *в* к разрабатываемым изделиям. Отобранные в первую группу задачи направлены на формальный нормоконтроль, а остальные – на функциональный. Цель формального нормоконтроля – проверка соблюдения требований нормативных документов, распростра-

няющихся на документацию контролируемого объекта (контроль нормосоответствия), цель функционального нормоконтроля – анализ возможности повышения уровня качества исследуемого объекта методами стандартизации, включая унификацию.

Анализ задач нормоконтроля показывает, что фактически они регламентируют не контроль, а широкую стандартизационную экспертизу, направленную на повышение качества объекта методами стандартизации. Подтверждением этого тезиса является содержание п. 4.9. ГОСТ 2.111 (в соответствии с Изменением №4): *«Нормоконтролер участвует в экспертизе конструкторской документации, поступающей от других организаций».*

В соответствии с ГОСТ 2.111 нормоконтролю подлежит конструкторская документация на изделия основного и вспомогательного производства любых выпускающих соответствующую документацию организаций независимо от форм собственности, подчиненности и служебных функций. В стандарте прямо сказано, что *«объектом нормоконтроля является вся разрабатываемая и выпускаемая организацией конструкторская документация».*

Подтверждение содержит основная надпись чертежа, где имеется строка для подписи нормоконтролера. Эта подпись рассматривается как обязательный атрибут документа, значит, нормоконтроль рассматривается как обязательное мероприятие. Следует отметить, что формальный нормоконтроль документов играет ту же роль, что и технический контроль промышленной продукции, который осуществляется в обязательном порядке.

Не ограничиваясь рамками ЕСКД, можно утверждать, что объектами формального нормоконтроля могут быть любые проектные и отчетные документы: конструкторские, технологические, материалы научных исследований и научно-техническая литература. Однако из анализа целей и задач нормоконтроля видно, что объектами стандартизационной экспертизы являются не только сами документы, но и представляемые ими изделия и процессы, включая

технологические процессы изготовления и испытания изделий, процессы измерений, контроля и исследований.

При формальном нормоконтроле прежде всего проверяют комплектность документации, соответствие обозначений, присвоенных каждому документу, установленной системе обозначений; правильность выполнения основной надписи; в том числе наличие всех необходимых подписей, правильность применения терминов, знаков условных обозначений, представления физических величин, включая их обозначения в тексте, формулах, таблицах и в текстовых описаниях результатов измерений, правильность сокращений слов; наличие и правильность ссылок на стандарты и другие нормативные документы.

При функциональном нормоконтроле проверяют соответствие основных параметров проектируемого объекта требованиям стандартов и технических условий, характеристикам утвержденной типоразмерной номенклатуры объектов; соответствие нормированных параметров, показателей технического уровня и уровня качества требованиям стандартов и других нормативных документов. Проверяют также соответствие методов контроля и испытаний (при их наличии в контролируемых документах) требованиям соответствующих нормативных документов.

ГОСТ 2.111 определяет примерное содержание формального нормоконтроля по чертежам деталей (включая документы, представленные в электронной форме) специальным перечислением, приведенным в таблице.

Перечисление включает проверку следующих элементов:

- комплектность документации в соответствии с техническим заданием (на разработку изделия или конструкторской документации);
- внешний вид предъявляемой документации;
- соответствие обозначения, присвоенного конструкторскому документу, установленной системе обозначений конструкторских документов;

- правильность выполнения основной надписи и дополнительных граф.

Соответствие состава реквизитной части требованиям стандартов и других нормативных документов для электронных документов проверяется при настройке программных средств;

- полнота заполнения атрибутов реквизитной части;
- наличие установленных подписей;
- правильность выполнения чертежей в соответствии с требованиями стандартов Единой системы конструкторской документации на форматы, масштабы, изображения (виды, разрезы, сечения), нанесение размеров, условные изображения конструктивных элементов (резьб, шлицевых соединений, зубчатых венцов колес и звездочек) и т.п.;

- соблюдение требований стандартов Единой системы конструкторской документации на условные изображения деталей (крепежных, арматуры, деталей зубчатых передач, пружин и т.п.), а также на обозначения шероховатости поверхностей, термообработки, покрытий, простановки предельных отклонений размеров, отклонений формы и расположения поверхностей и т.п.;

- правильность примененных сокращений слов;
- наличие и правильность ссылок на стандарты и другие нормативные документы.

Важнейшей составной частью нормоконтроля является проверка уровня стандартизации и унификации проектируемого объекта и возможности расширения этих показателей. В этом плане в таблицу включены следующие проверяемые элементы:

- рациональное использование конструктивных элементов, марок материалов, размеров и профилей проката, видов допусков и посадок и выявление возможностей объединения близких по размеру и сходных по виду и назначению элементов;

- возможность замены оригинальных изделий типовыми и ранее разработанными;
- возможность замены оригинального конструктивного исполнения детали стандартизованным или типовым;
- возможность использования ранее спроектированных и освоенных производством деталей сходной конструктивной формы и аналогичного функционального назначения;
- соблюдение установленных ограничительных номенклатур (перечней) конструктивных элементов, допусков и посадок, марок материалов, профилей и размеров проката и т.п.

Состав нормоконтроля других технических документов и представляемых ими объектов достаточно подробно описан в соответствующих стандартах.

При нормоконтроле текстовых документов (пояснительные записки, технические описания, инструкции по эксплуатации, технические условия, программы и методики испытаний, отчет о научно-исследовательской работе и др.) проверяют соблюдение требований стандартов, регламентирующих соответствующие текстовые документы (для конструкторской документации – ГОСТ 2.105 и ГОСТ 2.106, для исследовательской – ГОСТ 7.32 и т.д.); соответствие форм представления показателей и расчетных величин нормативным данным, установленным в стандартах и других нормативных документах и т.д.

Документы представляют на нормоконтроль комплектно, например, для конструкторской проектной документации (технического предложения, эскизного и технического проектов) – все документы, разрабатываемые на соответствующей стадии; для рабочей документации – документация на сборочную единицу (чертежи деталей, сборочные чертежи, спецификации и пр.).

При разработке оригиналов документов и последующем их размножении с подлинников, выполненных копированием на кальку вручную, нормоконтроль рекомендуется проводить в два этапа:

I этап – проверка оригиналов документов («белков») перед передачей на изготовление подлинников и/или размножение. Эти материалы предъявляют нормоконтролеру с подписями в графах «Разраб.», «Пров.» и «Т.контр.» (при выполнении технологического контроля конструкторской документации);

II этап – проверка конструкторских документов в подлинниках (на кальке) при наличии всех подписей лиц, ответственных за содержание и выполнение конструкторских документов, кроме утверждающей подписи руководителя организации или предприятия. Если копия на кальке выполняется методами репрографии, она и выполненные теми же методами рабочие копии нормоконтролю не подлежат, все подписи переносятся на копии автоматически.

Введение нормоконтроля в организации должно быть оформлено организационно-распорядительным документом, в котором также утверждается состав подразделения нормоконтроля и положение о его работе. Подразделения или отдельные инженерно-технические работники, занимающиеся нормоконтролем, должны находиться, как правило, в составе службы стандартизации субъекта хозяйствования. Если эти специалисты находятся в составе других подразделений, то служба стандартизации должна осуществлять методическое руководство их работой.

Нормоконтролер в проверяемых документах наносит карандашом условные пометки к элементам, которые должны быть исправлены или заменены. Сделанные пометки сохраняют до подписания подлинников, их снимает или разрешает снять нормоконтролер.

В перечне замечаний нормоконтролера против номера каждой пометки кратко и ясно излагается содержание замечаний и предложений нормо-

контролера (перечень замечаний может оформляться в специальном журнале). В организациях, где установлена система цифрового кодирования замечаний нормоконтролера, взамен изложения содержания замечаний проставляется соответствующий цифровой код по классификатору. Образец перечня замечаний и предложений нормоконтролера и пример заполнения его приведены в приложении к соответствующему стандарту.

Изменения и исправления, указанные нормоконтролером в ходе формального нормоконтроля (связанные с нарушением действующих стандартов и других нормативных документов), обязательны для внесения в инспектируемые документы.

Предложения нормоконтролера, касающиеся замены оригинальных исполнений деталей и сборочных единиц заимствованными и типовыми, сокращения применяемых типоразмеров изделий и конструкторских элементов и подобные им (результаты функционального нормоконтроля) вносят в документацию при условии их согласования с разработчиком документации.

Разногласия между нормоконтролером и разработчиком документации разрешаются руководителем органа стандартизации по согласованию с руководителем подразделения-разработчика. Решения руководителя органа стандартизации по вопросам соблюдения требований действующих стандартов и других нормативных документов являются окончательными. Если остаются разногласия по вопросам применения ранее разработанных решений, замены, объединения типоразмеров и т.п., то их разрешает руководство организации или предприятия, выпускающего соответствующую документацию.

Подписание нормоконтролером проверенных документов производится следующим образом:

а) если документ проверяет один нормоконтролер, при отсутствии претензий он подписывает его в отведенном для подписи месте;

б) если документ последовательно проверяют несколько специализированных нормоконтролеров, то подписание этих документов в отведенном для

подписи нормоконтролера месте, производится исполнителем наиболее высокой (в группе нормоконтролеров) должностной категории. Остальные нормоконтролеры после успешного контроля документа ставят свои визы на полях;

в) документацию, утверждаемую руководителем организации или предприятия, нормоконтролер визирует до передачи на утверждение и подписывает в установленном месте после утверждения.

Исправлять и изменять подписанные нормоконтролером, но не сданные в отдел (бюро) технической документации подлинники документов, без его ведома не допускается.

6.2. Права и обязанности нормоконтролера

Нормоконтролер обязан руководствоваться только действующими в момент проведения контроля стандартами и другими нормативными документами по стандартизации. Вопрос о соблюдении требований вновь выпущенных документов по стандартизации, срок введения которых к моменту проведения нормоконтроля еще не наступил, в каждом отдельном случае решается руководством органа стандартизации в зависимости от установленных сроков разработки и освоения в производстве проектируемых объектов.

Нормоконтролер обязан систематически представлять руководству подразделений-разработчиков сведения о соблюдении в разрабатываемой документации требований стандартов и других нормативных документов, об использовании принципов конструктивной преемственности и о редакционно-графическом оформлении документов.

Нормоконтролер несет ответственность за соблюдение в документации требований действующих стандартов и других нормативных документов наравне с разработчиками документации.

Нормоконтролер имеет право:

а) возвращать документацию разработчику без рассмотрения в случаях нарушения установленной комплектности, отсутствия обязательных подписей, небрежного выполнения;

б) требовать от разработчиков документации разъяснений и дополнительных материалов по вопросам, возникшим при проверке;

в) не проводить нормоконтроль при наличии в документации утверждающей подписи, поставленной до проведения нормоконтроля.

Информационная база, которую используют при стандартизационной экспертизе (нормоконтроле), включает два вида источников:

- нормативные документы по стандартизации;
- справочники, конструкторская и технологическая документация, научно-техническая литература и другие информационные источники.

При формальном нормоконтроле информационная база, как правило, ограничивается нормативными документами по стандартизации. Используемые документы должны быть актуализованными. Не допускается использование в ходе формального нормоконтроля «вторичной документации», такой как справочники, учебная и иная техническая литература, содержащая перепечатанные из стандартов данные. Такие материалы устаревают, они не подлежат актуализации (служба стандартизации не обязана вносить в них официально утвержденные изменения). Кроме того, при перепечатке документов по стандартизации возможны ошибки (поэтому и возникло запрещение перепечатки стандартов). Аналогичные проблемы могут возникнуть при использовании незарегистрированных экземпляров стандартов, неофициальных электронных копий документов по стандартизации и целых баз данных.

Оптимальным вариантом использования оргтехники можно считать использование официальных электронных баз данных документов по стандартизации, которые создает и поддерживает компетентная организация и которые доступны любому абоненту соответствующей сети.

При функциональном нормоконтроле кроме документов по стандартизации привлекают любые другие информационные источники. За результаты привлечения таких источников отвечает нормоконтролер. Разработчик имеет право не соглашаться с нормоконтролером, если он предлагает позаимствовать решения из таких источников.

Замечания нормоконтролера подлежат анализу для последующей классификации и типизации ошибок. В случае если при нормоконтроле однотипных объектов, неоднократно встречаются сходные ошибки, может быть создана система цифрового кодирования замечаний, фиксирующих типовые ошибки. Наличие классификатора типовых ошибок сокращает техническую работу нормоконтролера, но свидетельствует о пробелах разработчиков в некоторой конкретной области, которые могут и должны быть ликвидированы. Диалектика классификатора типовых ошибок заключается в том, что проще фиксировать их наличие и можно предложить типовые методы ликвидации последствий, но поскольку возникновение типовых ошибок обусловлено одинаковыми причинами, наилучшим способом их устранения является выявление и устранение причин, их вызывающих.

Мероприятия, направленные на профилактику типовых ошибок разработчиков могут предлагать нормоконтролеры, руководители служб стандартизации и отделов-разработчиков, технический руководитель предприятия. Такие мероприятия могут включать повышение квалификации разработчиков в ходе технического обучения, семинары, собираемые для обсуждения нововведений в стандартах или типовых ошибок, связанных с многочисленными однотипными нарушениями. Кроме того полезна разработка и публикация учебно-методических материалов, разработка стандартов организации и специальных методических указаний.

Наличие классификатора типовых ошибок может рассматриваться как оправданное в нескольких случаях:

- введение нового стандарта (у разработчиков проявляются устаревшие стереотипы из отмененных документов или разделов документов);
- неоднозначные положения стандарта, которые разработчик и нормоконтролер могут трактовать по-разному;
- наличие большого числа новых разработчиков, не имеющих достаточного опыта работы.

Комплекс замечаний и предложений нормоконтролера по конкретному проекту может служить исходным материалом для оценки качества проекта.

6.3. Нормоконтроль проектов нормативных документов

Подготовка отзывов на проекты государственных стандартов и других нормативных документов по стандартизации (НД) – обычная работа подразделений стандартизации. Отзыв на проект государственного стандарта должен быть отправлен не позднее, чем через месяц после получения проекта НД. Общие требования к оформлению отзыва содержатся в нормативной документации. Сначала приводят общие замечания и предложения по проекту НД, затем – частные, а в заключительной части дают выводы о приемлемости проекта, необходимости внести чисто технические или радикальные изменения, либо даже отказаться от дальнейшей разработки. Подготовка отзыва на проект НД представляет собой типичную экспертную работу.

Формальная стандартизационная экспертиза направлена, прежде всего, на проверку соблюдения требований системы технического нормирования и стандартизации к структуре и оформлению стандарта. В проекте должны присутствовать все необходимые для данного вида документов структурные элементы, расположенные в установленном порядке. Допускается исключение необязательных элементов и разрешенное объединение некоторых обязательных. Требования должны быть сформулированы однозначно, не допускать двоякого толкования, которое может привести к возникновению конфликтов между поставщиком и пользователем. Все устанавливаемые требо-

вания должны быть выполнимыми и проверяемыми. Особое внимание следует обращать на логичность построения и грамотность изложения текстовых материалов. Поскольку в НД текст обычно играет основную роль, при нормоконтроле следует обращать особое внимание на его корректное представление. Корректное использование стандартной терминологии и грамотность применения общепринятых нестандартных терминов, стандартных наименований и обозначений физических величин и их единиц, соблюдение требований общетехнических стандартов к условным обозначениям – все это свидетельство стандартизационной грамотности разработчиков.

При экспертизе можно использовать положения стандартов ЕСКД, определяющие требования к документам, содержащим в основном сплошной текст. Хотя эти требования формально не распространяются на нормативные документы по стандартизации, их использование в ряде случаев полезно, поскольку обеспечивает повышение уровня корректности изложения документа.

В ТКП 1.5 содержатся также требования к формулам, рисункам, таблицам, соблюдение которых в стандарте обязательно.

При формальной экспертизе проектов технических условий, которые представляют не в форме проекта государственного стандарта, а как самостоятельный нормативный документ, следует руководствоваться требованиями ТКП 1.3.

Определенные особенности экспертизы НД могут быть связаны с целевой установкой документа или проекта документа более низкой категории при наличии вышестоящего по иерархии НД. Так стандарты организации на объекты, уже нормированные государственными стандартами разрабатывают либо в виде ограничительных, либо в виде «расширяющих». Очевидно, что противоречия стандартам более высоких категорий в новых документах недопустимы. Но в стандартах, которые продолжают и уточняют положения

НД более высоких категорий, такие противоречия могут иметь неявный характер, и их выявление требует квалифицированной экспертной работы.

Особенностью формальной экспертизы стандартов организации является то, что требования к их структуре документом ТКП 1.5 формально не определены, значит субъект хозяйствования может устанавливать для них свою структуру. Однако с позиций унификации НД полезно максимально использовать для таких документов структуру, установленную для государственных стандартов.

При оформлении отзыва на проект НД следует руководствоваться теми же правилами, что и при разработке стандарта. Все формулировки должны быть конкретными, четкими, не допускающими двоякого толкования. Следует избегать «пожеланий» ввести в стандарт дополнительные требования и целые разделы, если необходимость в них не очевидна (острая необходимость возникает, если проект стандарта из-за отсутствия определенных требований не обеспечивает достижения поставленной цели).

Требования к экспертизе проектов государственных стандартов и руководящих документов по стандартизации, а также технических условий установлены специальными НД. Цели, состав экспертизы и проверяемые положения проектов нормативных документов представлены в главе 11.

7. НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

7.1. Требования к методикам выполнения измерений

При проведении метрологической экспертизы особое внимание уделяют выбору методик выполнения измерений, которые должны обеспечивать контролепригодность с учетом требований к точности параметров и их инструментальной доступности на объекте. При возможности использования конкурирующих МВИ следует выбирать не ту методику, которая обладает самой высокой точностью, а такую, которая требовала бы наименьших затрат с учетом имеющихся материальных ресурсов, либо позволяла минимизировать затраты на проектирование и реализацию процессов измерений, в частности, при необходимости приобретения и/или разработки новых средств измерений.

Методика выполнения измерений должна обеспечить:

1. Требуемую точность измерений.
2. Экономичность измерений.
3. Безопасность измерений.
4. Представительность (валидность) результатов измерений.

Поскольку идеальным результатом измерения является истинное значение физической величины, которое получить невозможно, то оптимальным результатом измерения будет являться такая оценка измеряемой величины, которая может адекватно заменить недостижимое истинное значение. Этот подход зафиксирован в стандартном определении действительного значения физической величины РМГ 29 – *действительное значение физической величины – значение физической величины, полученное экспериментальным путем и настолько близкое к истинному значению, что в поставленной измерительной задаче может быть использовано вместо него.*

На базе этого определения можно сформулировать цель измерения. Цель любого измерения – **получение действительного значения измеряе-**

мой физической величины (ФВ), то есть такого значения, которое достоверно представляло бы истинное значение измеряемой ФВ. По-разному поставленным измерительным задачам соответствуют разные действительные значения одной и той же физической величины: одни значения могут быть приняты за действительные при измерительном контроле параметра, другие – при исследовании точности технологического процесса его получения.

Точность измерений является необходимым условием для использования их результатов. Обеспечение точности измерений заключается в установлении требуемого соотношения допустимой погрешности измерений $[\Delta]$ и значения предела реализуемой в ходе измерений погрешности Δ

$$\Delta \leq [\Delta].$$

Запас точности измерений (точность выше необходимой) можно считать нерациональным, поскольку предельное соотношение $\Delta = [\Delta]$ обеспечивает достоверность измерительной информации, а уменьшение погрешности измерений ведет к росту затрат на их выполнение.

При оценке экономичности измерений учитывают себестоимость измерительной операции, производительность измерений, необходимую квалификацию оператора, цену универсальных СИ, наличие конкурирующих СИ, пригодных для данных измерений, стоимость разработки и изготовления специального (нестандартизованного) СИ, возможность многоцелевого использования данных СИ и др. Экономичность измерений не рассматривают как абсолютное требование. Можно сравнивать только экономичность конкурентоспособных МВИ, применение которых гарантирует необходимую точность.

При рассмотрении безопасности измерений следует анализировать опасности, связанные с измеряемым объектом, а также те, которые могут нести средства измерений. Опасны такие явления, связанные с измеряемыми величинами, как высокие давления, механические и электрические напряже-

ния, сила электрического тока, радиоактивность и многие другие. Источниками опасности в применяемых средствах измерений могут быть используемые для измерительных преобразований высокие давления и электрические напряжения, когерентные пучки оптических частот и другие энергетически насыщенные явления.

Обеспечение представительности (валидности) результатов измерений выходит за рамки разработки МВИ в узком смысле. При измерениях мы должны обеспечить получение действительного значения **одной** измеряемой физической величины. Следует различать представительность измерений и измерительного контроля. При измерительном контроле представительными можно считать результаты, которые позволяют по измеряемым параметрам создать экспериментальную модель контролируемого объекта, адекватно представляющую его в рамках поставленной задачи. Ситуация усложняется, если контролируемый параметр представляет собой множество номинально одинаковых физических величин, принадлежащих объекту. Если тело имеет только одну массу или один объем, то «диаметров» или площадей поперечных сечений у одной номинально цилиндрической поверхности – бесконечное множество.

Примерами соответствия «один объект – одна ФВ» являются масса тела, сопротивление резистора, температура плавления вещества. Ситуацию «один объект – множество номинально одинаковых ФВ» можно рассмотреть на примере таких геометрических параметров детали, как расстояние между номинально плоскими гранями, «диаметры» номинально цилиндрической поверхности в разных сечениях, угол между номинально плоскими гранями.

Измерения одной ФВ могут характеризовать объект измерения в целом или одну из величин, составляющих на объекте множество номинально одинаковых ФВ. Представительность измерительного контроля объекта с множеством номинально одинаковых ФВ характеризует результаты принципиально иного процесса. При измерительном контроле абсолютная необходи-

мость обеспечить представительность результатов каждого измерения дополняется необходимостью обеспечить представительность (адекватность объекту) экспериментальной модели контролируемого объекта, построенной на основе результатов измерений.

Если представительность результатов многократных измерений одного «диаметра» детали связана только с погрешностью измерений, то представительность измерительного контроля детали в поперечном сечении дополнительно определяется числом контрольных сечений и их расположением.

Необходимы совершенно разные подходы к обеспечению представительности при измерительном контроле одного объекта и при измерительном контроле множества номинально одинаковых объектов. Еще более сложная ситуация возникает при выборочном контроле партии однотипных объектов. Представительность выборки должна обеспечить статистически достоверную оценку всей партии объектов, на которую мы распространяем результаты контроля.

Принципиально отличаются также задачи измерений разных ФВ или изменяющейся ФВ.

При многократных измерениях **одной и той же ФВ** представительность результата измерений связана с числом наблюдений при измерениях – чем больше (в разумных пределах) наблюдений в серии, тем более четко проявляются систематические составляющие погрешности измерений и тем достовернее становятся статистические оценки средних квадратических значений и доверительных границ случайной погрешности. Представительность результата измерений при многократных наблюдениях одной и той же ФВ зависит также от выбранной доверительной вероятности. Уровень представительности тем выше, чем больше вероятность накрытия истинного значения полученной в ходе измерений интервальной оценкой.

При измерительном контроле объекта с **множеством номинально одинаковых ФВ** представительными можно считать результаты, которые с

достаточной полнотой характеризуют исследуемый объект. Представительность в таком случае обеспечивается достаточным числом измерений и правильным выбором контрольных точек (контрольных сечений).

Нарушение представительности при измерении номинально одинаковых физических величин может быть обусловлено неидеальностью объекта измерения. Так, реальная поверхность шейки вала может отличаться от прямого кругового цилиндра, например наличием овальности или огранки в поперечном сечении, конусообразности или бочкообразности в продольном сечении или другими погрешностями формы. В подобном случае представительность результатов не только зависит от числа и расположения контрольных сечений, но и находится в непосредственной связи с **методическими погрешностями измерений** и обеспечивается только при их удовлетворительных (пренебрежимо малых) значениях. Наибольшую опасность представляют невыявленные методические погрешности, например такие, как отклонения от круглости в виде нечетной огранки при двухконтактной схеме измерений.

Примеры множества номинально одинаковых ФВ на множестве однородных (номинально одинаковых) объектов – массы однотипных деталей в партии, геометрические размеры и твердость их одинаковых поверхностей, выходные напряжения одинаковых источников постоянного тока (батареек), фокусные расстояния однотипных линз, т.е. любые комбинации двух предыдущих ситуаций.

Представительность результатов выборочного (не сплошного) измерительного контроля **номинально одинаковых ФВ, принадлежащих разным объектам**, включает две очевидные составляющие: представительность **результатов измерительного контроля** каждого из объектов и представительность **выборки** из партии объектов.

Представительность результатов измерений разных ФВ или изменяющейся ФВ можно свести к задачам различения отдельных измеряемых вели-

чин, причем глубина изучения каждой из величин и их отличий определяются поставленными задачами исследований.

При наличии инструментальной доступности параметра и нескольких конкурирующих вариантов МВИ, выбор конкретного варианта начинают с проверки удовлетворения главных требований – обеспечения достаточной точности и представительности. Затем можно сопоставлять МВИ по неметрологическим свойствам (производительность, себестоимость измерений, уровень безопасности и др.). Выбор зависит от конкретных требований и ресурсов, в соответствии с которыми и определяют критерии для оценки конкурентоспособных МВИ.

7.2. Задачи измерений и методы назначения допустимой погрешности измерений

«Конечные цели измерений» в МИ 1317–86 «Методические указания. ГСИ. Результаты и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров» изложены несколько противоречиво. В частности, утверждение, что конечный результат измерений *«не обязательно представляет собой оценку истинного значения измеряемой величины»* противоречит приведенному в том же разделе высказыванию *«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 том же документе говорится о *«назначении измерений» (контроль параметров продукции, испытания образцов продукции..., учет материальных и энергетических ресурсов, диагностика технического состояния машин,...)*.

Из приведенных цитат видно, что в данном НД фактически сделана попытка сформулировать цель и задачи измерений, но результаты следует при-

знать неудовлетворительными из-за невозможности их использования для проектирования измерительных операций и процессов измерений.

Разные задачи измерений требуют различной точности, так погрешности приемочного контроля однозначной меры могут быть значительно большими, чем погрешности ее аттестации на определенный разряд. Задачи измерений с позиций требуемой точности необходимо рассматривать в зависимости от предполагаемого использования результатов. Измерительную информацию можно использовать для обеспечения следующих процедур:

- измерительный приемочный контроль объекта по заданному параметру;
- сортировка объектов на группы по заданному параметру;
- арбитражная перепроверка результатов измерений;
- ориентировочная (приблизительная) оценка заданного параметра;
- получение информации об исследуемой величине в ходе экспериментального исследования.

К перечисленным классам сводится абсолютное большинство измерительных задач.

Необходимую точность измерения обычно устанавливают, нормируя значение допустимой погрешности измерения $[\Delta]$. Суть нормирования состоит в том, чтобы погрешность измерения не оказывала значимого влияния на достоверность результата измерения.

Особенности измерительных задач состоят в том, что в их условие может входить или не входить нормируемая неопределенность измеряемой физической величины (допуск параметра). Если неопределенность измеряемого параметра нормирована допуском или задана другим способом, такой тип измерительных задач будем называть **корректно поставленными** или **корректными**. Допустимую погрешность измерения $[\Delta]$ в таких задачах определяют, опираясь на допустимую неопределенность измеряемого параметра. Чтобы адекватно оценить параметр, погрешность измерения Δ должна быть

пренебрежимо мала по сравнению с допустимой неопределенностью измеряемого параметра.

Рассмотрим различные варианты измерительных задач. Наиболее часто встречающимися производственными задачами, решаемыми на основе измерений, являются измерительный приемочный контроль объекта по заданному параметру и сортировка объектов на группы. Несколько реже приходится применять измерения для арбитражной проверки результатов уже выполненных измерений.

К **корректным** с позиции выбора допустимой погрешности измерения можно отнести следующие наиболее часто встречающиеся задачи:

- измерительный приемочный контроль объекта по заданному параметру при заданном допуске параметра
- контроль точности средств измерений при поверке (заданная неопределенность параметра представляет собой погрешность средства измерения);
- сортировка объектов по заданному параметру на группы (сортировка на N групп, причем как минимум на две группы «годные – брак», можно на три группы «годные – брак исправимый – брак неисправимый», либо на большее число групп для последующей селективной сборки)

Корректной можно считать задачу выбора допустимой погрешности измерения для арбитражной перепроверки результатов измерительного приемочного контроля или результатов поверки. К корректным можно также отнести задачу ориентировочной оценки заданного параметра объекта, если измеряемая величина является нормированной и измерения осуществляются для ее идентификации (например, определение номинального диаметра резьбы, модуля зубчатого колеса, напряжения источника тока). В случае наличия ряда нормированных параметров, ступени градации можно использовать в качестве значения, ограничивающего неопределенность измеряемой ФВ.

Особенностью решения всех измерительных задач является поиск значения допустимой погрешности измерения, которое должно быть пренебре-

жимо малым по отношению к допустимой неопределенности оценки результата измерений. Следовательно, необходимы критерии пренебрежимо малости погрешностей, для расчета которых можно предложить соотношения, зафиксированные в нормативных документах (ГОСТ 8.051 и ГОСТ 8.207):

$$[\Delta] \leq A/3, \quad (7.1)$$

либо

$$[\Delta_s] \leq 0,8 \sigma(\Delta), \quad (7.2)$$

где $[\Delta]$ – пренебрежимо малая случайная погрешность измерения, которую принимают за предел допустимой погрешности измерений;

A – допустимая неопределенность измеряемого параметра (допуск параметра, основная погрешность поверяемого средства измерений и т.д.);

$[\Delta_s]$ – пренебрежимо малая неисключенная систематическая составляющая погрешности измерения, которую принимают за предел допустимой погрешности измерений;

$\sigma(\Delta)$ – среднее квадратическое отклонение, характеризующее допустимую или реализуемую неопределенность измеряемого параметра.

Критерий (7.1) предложен на основании соотношения, традиционно применяемого в метрологии для измерительного приемочного контроля ($[\Delta] \leq T/3$), которое является вполне удовлетворительным при следующих допущениях:

- контролируемые параметры объекта (параметры партии объектов) имеют случайный характер;
- в результатах измерений доминирует случайная составляющая погрешности.

Допустимая неопределенность измеряемого параметра назначается как некоторая норма (например, допуск параметра T), ограничивающая его допустимое рассеяние, а реализуется как результат комплексирования поля прак-

тического рассеяния параметра и поля рассеяния погрешности его измерений.

Поле практического рассеяния при получении параметра обусловлено технологическими причинами и для годных объектов не превышает значения нормы T . Поле рассеяния погрешности измерений параметров не должно выходить за границы предельно допустимых погрешностей измерений, которые обычно нормируются предельными значениями $\pm [\Delta]$.

Возможное значение поля практического рассеяния параметра T' , искаженного из-за наложения на допуск T предельной погрешности приемочного контроля $[\Delta]$, при стохастическом характере рассеяния обеих входящих величин можно определить по правилу сложения дисперсий случайных величин

$$T' = \sqrt{T^2 + [\Delta]^2} . \quad (7.3)$$

Элементарные расчеты показывают, что вероятностное искажение поля допуска по любой из границ (верхней или нижней) для принятого соотношения $[\Delta]$ и T не превысит значения 5 % допуска. Такое искажение в технической практике вполне допустимо, поскольку простое округление значения неопределенности результата расчетов до двух значащих цифр по традиционным математическим правилам вносит искажение до 5 %, а по правилам метрологии (в соответствии с МИ 1317–86) – до 10 % в сторону увеличения оценки, следовательно, выбранный критерий может быть принят.

Критерий (7.2) заимствован из ГОСТ 8.207 и может рассматриваться как стандартный критерий пренебрежимой малости неисключенных остатков систематических погрешностей. Его применение необходимо в ситуациях, когда

- рассеяние контролируемых параметров объектов в партии имеет случайный характер;

- в результатах измерений доминирует неисключенная систематическая составляющая погрешности.

Корректное применение одного и другого критериев требует выполнения определенной аналитической работы.

Таким образом, измерения параметра при приемочном контроле, при арбитражной перепроверке результатов приемочного контроля или при проверке (фактически при приемочном контроле) средств измерений в рассмотренных вариантах представляют собой тривиальные (корректно поставленные) измерительные задачи. В ходе решения таких задач допустимую погрешность измерений определяют, исходя из традиционного в метрологической практике соотношения

$$[\Delta] \leq (1/5 \dots 1/3)A, \quad (7.4)$$

где A – допустимая неопределенность измеряемого параметра (допуск контролируемого параметра, погрешность измерения в ходе приемочного контроля, основная погрешность поверяемого СИ, минимальная ступень изменения номинального значения параметра).

Альтернативный тип измерительных задач (**некорректно поставленные** или **некорректные задачи**) – те, в условии которых отсутствует опорное значение неопределенности измеряемой физической величины (нет явно или неявно заданной допустимой неопределенности). В таком случае для выбора допустимой погрешности измерения приходится либо искусственно вводить допустимую неопределенность измеряемой величины, либо выбирать допустимую погрешность измерения, руководствуясь как метрологическими, так и неметрологическими свойствами конкурирующих МВИ.

К **некорректным** можно отнести измерительные задачи следующих типов:

- контроль параметра ограниченного одним предельным значением (сверху или снизу);

- ориентировочная измерительная оценка ФВ, не являющейся нормированным параметром (измерения осуществляются для приблизительной оценки ФВ, которая может иметь произвольные значения);
- задачи измерений при **проведении научного исследования**, которые в общем случае можно представить следующими вариантами:
 - оценка пределов изменений исследуемой ФВ;
 - оценка характера изменения исследуемой ФВ.

Выбор допустимой погрешности измерения для приемочного контроля объекта по заданному параметру, если заданный параметр ограничен сверху или снизу одним предельным значением, представляет собой достаточно часто встречающуюся задачу.

Если при приемочном контроле объекта по заданному параметру нормировано только одно предельное значение параметра по типу $R_{\max} = 0,5$ мм или $L_{\min} = 50$ мм, необходимо приведение задачи к более корректному виду, которое может осуществляться по одному из двух направлений:

а) устанавливают погрешность измерений из экономических соображений, затем принимают ее за допустимую. При недопустимом пропуске брака контрольную границу смещают «внутрь» контролируемого параметра на ступеньку, равную выбранному значению погрешности $[\Delta] = \Delta_{\text{экон}}$. В результате контрольная граница параметра H_k устанавливается по типу:

$$H_k = R_{\max} - [\Delta],$$

$$\text{или } H_k = L_{\min} + [\Delta].$$

б) при допустимом пропуске ограниченного числа бракованных объектов с незначительными отклонениями на уровне обычного приемочного контроля можно назначить некоторый условный допуск параметра (нормирующий допуск T_{norm}) с полем допуска, ориентированным «внутрь» параметра. После назначения допуска задача сводится к тривиальной и решается на основе зависимости (7.1):

$$[\Delta] \leq T_{\text{norm}}/3 ,$$

но одновременно появляется вероятность пропуска брака, которая теоретически примерно вдвое меньше, чем при измерительном приемочном контроле параметра с двухпредельными ограничениями, поскольку нежелательный выход параметра за пределы поля допуска возможен только с одной стороны.

При ориентировочной (приблизительной) оценке ненормируемой физической величины можно назначить практически любую допустимую погрешность в разумных пределах. В таком случае, как правило, выбирают первую же доступную методику выполнения измерений с произвольной погрешностью. Реализуемую в процессе измерений погрешность Δ принимают за допустимую $[\Delta]$. Формальное описание выбора допустимой погрешности в этом случае измерений сводится к зависимости:

$$[\Delta] = \Delta.$$

Если оценку ненормируемой ФВ используют для принятия управляющих решений, например, насколько тепло одеваться, можно ли положить определенную массу в пакет с ограниченной «грузоподъемностью», иногда возникает необходимость уточнения задачи измерения. В таком случае оценивают не только значение реализуемой погрешности измерений, но и возможные последствия искажений измерительной информации. Уточнение задачи измерения необходимо, если результаты измерений приближаются к некоторым пороговым значениям. Например, информация должна быть более определенной, если при ориентировочных измерениях необходимо однозначно ответить на вопросы о возможном переходе температуры за точку замерзания (плавления), о возможности установки объекта в ограниченное пространство, близкое к его габаритам и т.д.

Ряд задач измерений при **проведении научного исследования** можно рассматривать как некорректные задачи, где допустимую погрешность измерений определяют, исходя из конкретной цели исследований и получаемых результатов.

При многократном воспроизведении экспериментов рассеяние повторно получаемых результатов измерений R складывается из рассеяния результатов многократного воспроизведения ФВ номинально одинаковых размеров (R_Q) и удвоенной погрешности измерений 2Δ .

$$R = R_Q * 2\Delta, \quad (7.5)$$

где $*$ – знак объединения членов уравнения, поскольку они могут складываться алгебраически, геометрически и т.д.

Задачи исследований могут состоять в нахождении ориентировочных оценок рассеяния номинально одинаковых результатов эксперимента R , или в получении качественных и количественных оценок колебания номинально одинаковых значений исследуемой ФВ (R_Q) при многократном воспроизведении. В первом случае можно говорить об оценке пределов изменений ФВ при ее многократном воспроизведении в некоторых фиксированных условиях эксперимента, а во втором – о выявлении характера и параметров стохастического или управляемого изменения исследуемой ФВ. Рассмотрим выбор допустимых погрешностей измерений для этих двух случаев.

Исследование точности многократного воспроизведения физической величины может проводиться на одном объекте (толщина пластины, высота цилиндра и т.д.) или на множестве номинально одинаковых объектов (диаметры шариков одного типоразмера, массы одинаковых деталей в партии и др.). Задачу исследования можно ограничить оценкой размаха R_Q при воспроизведении измеряемых физических величин (оценка порядка, малости или значимости размаха), или расширить вплоть до определения числовых характеристик параметров закономерного изменения величины или размаха и распределения исследуемой случайной величины.

Ориентировочная оценка пределов изменений исследуемой ФВ

Если в рамках исследования необходимо убедиться, что рассеяние параметра исследуемого объекта при его многократном воспроизведении не

превышает некоторого заранее заданного или искомого значения R_{norm} , удовлетворительным решением задачи может быть соотношение

$$R \approx 2\Delta \leq R_{\text{norm}}, \quad (7.6)$$

где R – оценка рассеяния параметра (оценка размаха), которая включает погрешность воспроизведения величины и погрешность ее оценки,

Δ – оценка погрешности измерения, которая в таком случае принимается за допустимое значение погрешности измерения ($[\Delta] = \Delta$).

Если размах R , зафиксированный измерениями при многократном экспериментальном воспроизведении физической величины, не превышает удвоенного значения погрешности измерения, то на основании зависимости (7.5) можно считать доказанным что поле практического рассеяния (R_Q) воспроизводимой ФВ пренебрежимо мало по сравнению с удвоенной погрешностью измерений 2Δ

$$R_Q \ll 2\Delta.$$

В значительной части случаев такой результат исследования можно считать удовлетворительным, а исследования – законченными. Например, если при исследовании контактных деформаций недостаточно жесткого объекта линейных измерений размах многократно воспроизводимых результатов не превысил 2Δ , можно утверждать что значения деформаций пренебрежимо малы по сравнению с погрешностью измерений и нет необходимости учитывать такие деформации при аналогичных измерениях.

Исследование характера изменения ФВ

Изменение исследуемой ФВ может иметь стохастический либо детерминированный характер. Детерминированное изменение (при контролируемом или управляемом изменении аргументов в ходе исследования) может быть непрерывным либо дискретным, что сказывается на постановке конкретной измерительной задачи.

Примеры стохастического характера изменений исследуемых ФВ вследствие множества одновременных неопределенных малых воздействий на результаты многократного воспроизведения номинально одинаковых ФВ – технологический процесс получения поверхности шлифованием, поддержание температуры в термokonстантном помещении, стрельба по мишени. Если изменение исследуемой ФВ носит стохастический (случайный) характер, то для получения более полной характеристики изменений необходимо построить гистограмму и полигон распределения исследуемой случайной величины. Для этого следует не только выявить реальное поле практического рассеяния (R) многократно воспроизводимой физической величины, но и получить частотные характеристики результатов. Чтобы погрешности измерений не оказывали значительного искажающего воздействия на гистограмму распределения, они не должны превышать ширины столбца. В таком случае возможно ошибочное попадание данных в соседние столбцы, но «прыжок» через столбец, который может существенно изменить картину распределения, становится невозможным.

Поскольку для построения гистограммы полученный в ходе исследований размах R' желательно разделить на 8 или более частей, методом последовательных приближений, выбирая каждую новую МВИ с меньшими погрешностями, добиваются соотношения

$$\Delta = (1/10 \dots 1/8)R' \quad (7.7)$$

или

$$\Delta \approx (1/10)R', \quad (7.8)$$

после чего достигнутое значение Δ принимают за допустимое значение погрешности измерения, т.е. $[\Delta] = \Delta$.

При исследовании детерминированного изменения физической величины под действием контролируемых переменных аргументов или неопределенных факторов необходимо назначить такую допустимую погрешность из-

мерений $[\Delta]$, которая была бы пренебрежимо мала по сравнению с исследуемым изменением величины (ε_Q):

$$[\Delta] \ll \varepsilon_Q. \quad (7.9)$$

К требуемому соотношению также приходят методом последовательных приближений, при необходимости выбирая МВИ с меньшими погрешностями вплоть до получения удовлетворительного результата.

При исследовании характера монотонного изменения величины под действием управляемого аргумента желаемого соотношения иногда можно добиться не за счет уменьшения погрешности, а за счет увеличения диапазона изменений исследуемой величины. При этом точность измерений может быть не слишком высокой, но неопределенность исходной информации приходится компенсировать увеличением числа экспериментов с расширением их диапазона.

При исследовании детерминированного дискретного изменения физической величины вследствие воздействия контролируемых переменных аргументов необходимо назначить такую допустимую погрешность измерений, которая была бы пренебрежимо мала по сравнению с шагом изменения исследуемой величины (ε_{sQ}):

$$[\Delta] \ll \varepsilon_{sQ}. \quad (7.10)$$

Подводя итог рассмотрению примеров назначения (выбора) допустимой погрешности измерения, можно отметить, что для каждой из поставленных задач он имеет свои особенности, но всегда основан на определении значения погрешности, пренебрежимо мало влияющей на оценку результата измерения.

7.3. Метрологическое моделирование и использование метрологических моделей при экспертизе

Любое измерение представляет собой исследование. Измерения параметров объектов используют для построения **модели**, которая в рамках по-

ставленной задачи адекватно отражает суть исследуемого объекта – отдельную физическую величину, принадлежащую объекту (изделию, процессу), или их упорядоченную совокупность. Модель объекта можно создавать на основании априорной информации, но, как правило, ее корректируют по результатам измерений (рисунок 7.1).

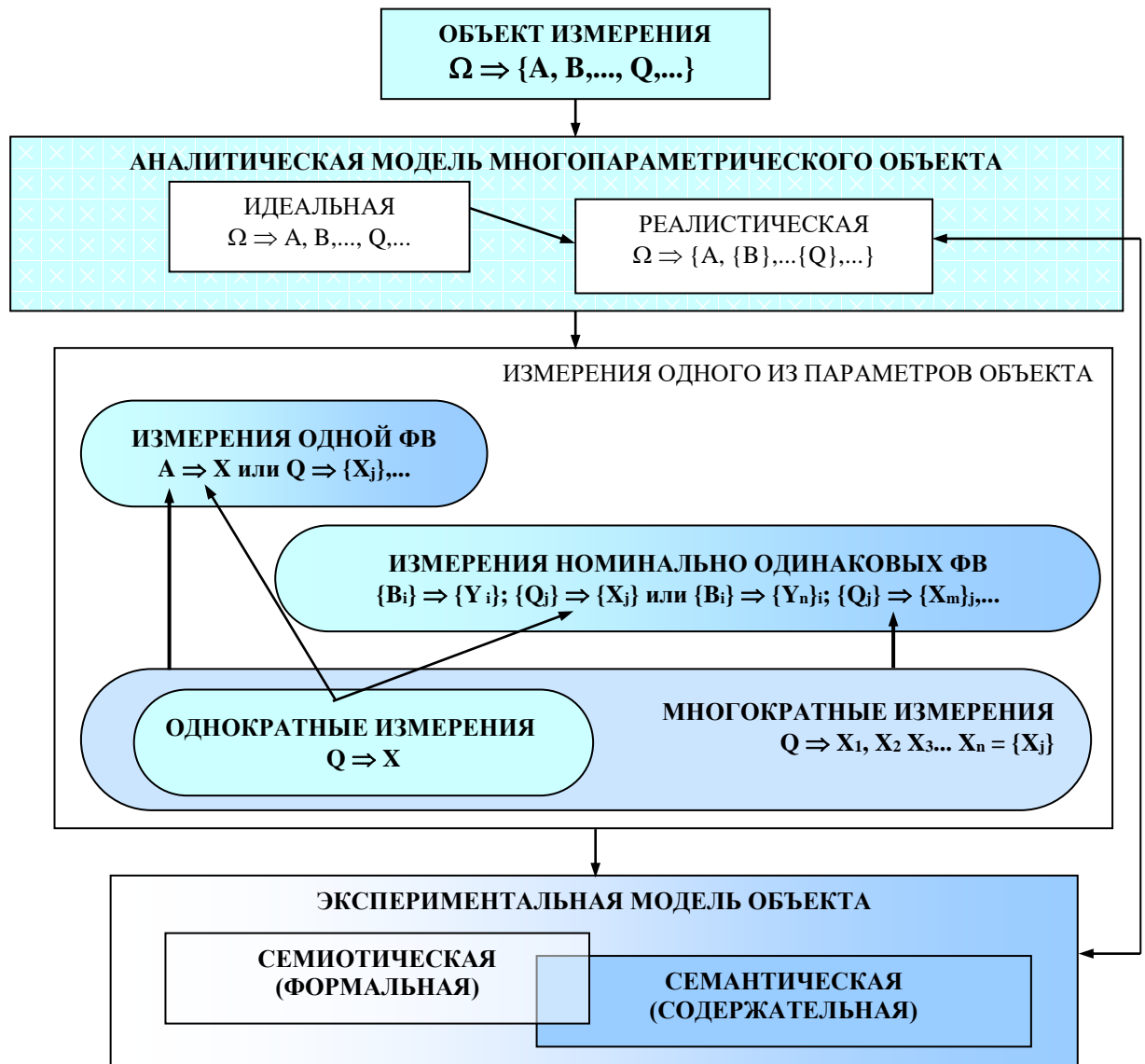


Рисунок 7.1 – Создание экспериментальной модели по результатам измерений параметров объекта

В метрологии используют разнообразные модели объектов измерений, которые можно разделить на два класса: **аналитические** и **экспериментальные** модели. К аналитическим моделям, которые получают с помощью «ка-

рандаша и бумаги», относят идеальную и нормативную, а также любые реалистические модели объекта. Экспериментальные модели объекта строят по результатам измерений (выполняют измерительные эксперименты и обрабатывают их результаты).

Основными метрологическими моделями можно считать **нормативную модель** объекта и его **экспериментальную модель**. Измерительный контроль объекта заключается в сопоставлении его экспериментальной модели с нормативной моделью для заключения о соответствии (годности). Построение экспериментальной модели, адекватно отражающей исследуемый объект, осуществляют с помощью измерений физических величин (параметров) контролируемого объекта.

Нормативная модель объекта предназначена для **создания объекта** и содержит все необходимые для этого параметры. Ее разрабатывают в процессе проектирования и оформляют технической документацией (чертеж, техническое описание, технические условия и т.д.). Эту же модель используют для измерительного контроля объекта, на нее опираются при разработке методик выполнения измерений (МВИ) параметра или параметров созданного объекта, следовательно, **метрологическая нормативная модель** объекта полностью соответствует общей нормативной модели.

Нормативная модель объекта, представляет собой область существования годного объекта с действительными значениями параметров, **не выходящими за пределы допустимых значений**. Нормативная модель объекта разрешает рассеяние значений параметров в пределах поля допуска, например, номинально цилиндрическая поверхность с заданным полем допуска диаметра из-за несовершенства технологических процессов может быть изготовлена как конусообразная, бочкообразная или седлообразная, при соблюдении наложенных чертежом ограничений. При разработке МВИ и при экспертизе нормативную модель объекта применяют для назначения требуемой точности измерений в ходе измерительного контроля параметров объекта.

Реалистическую модель объекта или его контролируемого элемента (например, отдельной поверхности) получают в ходе аналитического исследования возможных технологических искажений. Предполагаемые отличия от идеального объекта и учитывают при разработке методики выполнения измерений. Поскольку даже для одной простейшей поверхности может существовать некоторое количество вариантов реалистической модели, для объективного заключения о годности объекта разрабатываемая методика контроля должна покрывать все возможные варианты. Анализ **возможности появления методических погрешностей** из-за некорректно выбранной реалистической модели объекта входит в метрологическую экспертизу МВИ. Например, если рассматривать два диаметрально противоположных варианта номинально круглого поперечного сечения с регулярными искажениями (четная огранка, включая овальность, и нечетная огранка), очевидна необходимость разработки минимум двух дополняющих друг друга методик выполнения измерений. Нечетная огранка не выявляется двухточечными измерениями, поэтому «двухконтактные» средства измерений в подобных случаях принципиально не могут обеспечить получение адекватной экспериментальной модели.

Экспериментальную метрологическую модель объекта создают на базе информации о фактических значениях параметров контролируемого объекта. Информацию получают с помощью измерений соответствующих физических величин, носителем которых является объект. Экспериментальная модель всегда является **редуцированной** по отношению к бесконечному множеству значений параметров реального объекта. При необходимости характер экспериментальной модели можно уточнить в соответствии с результатами выполненных измерений и настолько приблизить к реальному объекту, насколько это требуется для решения поставленной задачи измерений.

Анализ показывает, что экспериментальную модель создают **методом проб и ошибок**, причем для получения адекватной экспериментальной моде-

ли в сложных случаях последовательно трансформируют методику выполнения измерений. Например, при измерительном контроле станковым прибором наружной номинально цилиндрической поверхности наименьший размер обнаружен в среднем сечении. В таком случае следует отказаться от конусообразной и бочкообразной реалистических моделей и строить седлообразную экспериментальную модель поверхности. Поскольку станковым прибором наименьшую толщину седлообразной детали измерить нельзя, для адекватного представления поверхности необходимо разработать методику измерений, включающую использование накладного прибора. Из примера ясно, что построение экспериментальной метрологической модели объекта связано с экспертизой (анализом) результатов измерительного контроля.

Экспертизу экспериментальной метрологической модели проводят также при выполнении научных исследований, включая испытания объектов, поверку, калибровку и метрологическую аттестацию средств измерений.

Измерению, следовательно, и экспертизе как обязательной составляющей процесса измерений подлежат **все нормированные параметры** контролируемого объекта.

Метрологическая экспертиза при измерительном контроле включает следующие элементы:

- идентификация контролируемых параметров на нормативной модели и установление норм точности измерений;
- построение реалистических моделей, отражающих контролируемые параметры объекта;
- первоначальное предложение МВИ и анализ возможных методических составляющих погрешности измерений;
- измерение параметров, уточнение реалистических моделей и построение экспериментальных моделей;
- предложение уточненного варианта МВИ;
- построение более корректной экспериментальной модели.

В случае необходимости последние три шага повторяют вплоть до получения экспериментальной модели, адекватно отражающей реальную поверхность в рамках поставленной задачи измерительного контроля.

Метрологические модели не исчерпываются только моделями измеряемых объектов, они включают в себя разнообразные модели **средств измерений, измерительных операций, процессов измерений** и других измерительных процедур.

Моделирование **средств измерений** может понадобиться при экспертизе МВИ, поверки, калибровки и метрологической аттестации.

Для измерительных преобразователей или измерительных приборов в зависимости от поставленных целей могут разрабатываться различные модели. Структурные схемы средств измерений, их кинематические, электрические, пневматические, комбинированные схемы тоже являются моделями. Схемы, иллюстрирующие модели преобразования информации измерительным прибором с графическим представлением функций преобразования, показаны на рисунке 7.2. Идеальная аналитическая модель функции преобразования измерительного прибора соответствует его номинальной статической характеристике.

Реалистическая модель функции преобразования измерительного прибора может учитывать аналитически выявляемые особенности, например, погрешности схемы, вызывающие нелинейность преобразования. Погрешности изготовления и сборки деталей могут вызывать аддитивную и/или мультипликативную составляющие статической характеристики прибора. Для построения экспериментальной модели функции преобразования необходимо провести исследования, аналогичные выполняемым в ходе калибровки или метрологической аттестации прибора.

В ходе экспертизы нестандартизованных средств измерений часто возникает необходимость моделирования метрологических мероприятий, например, поверки измерительных приборов.

Измерительные приборы можно поверять одним из трех методов:

- по эталонным мерам,
- по эталонному прибору,
- по эталонному прибору и эталонным мерам.

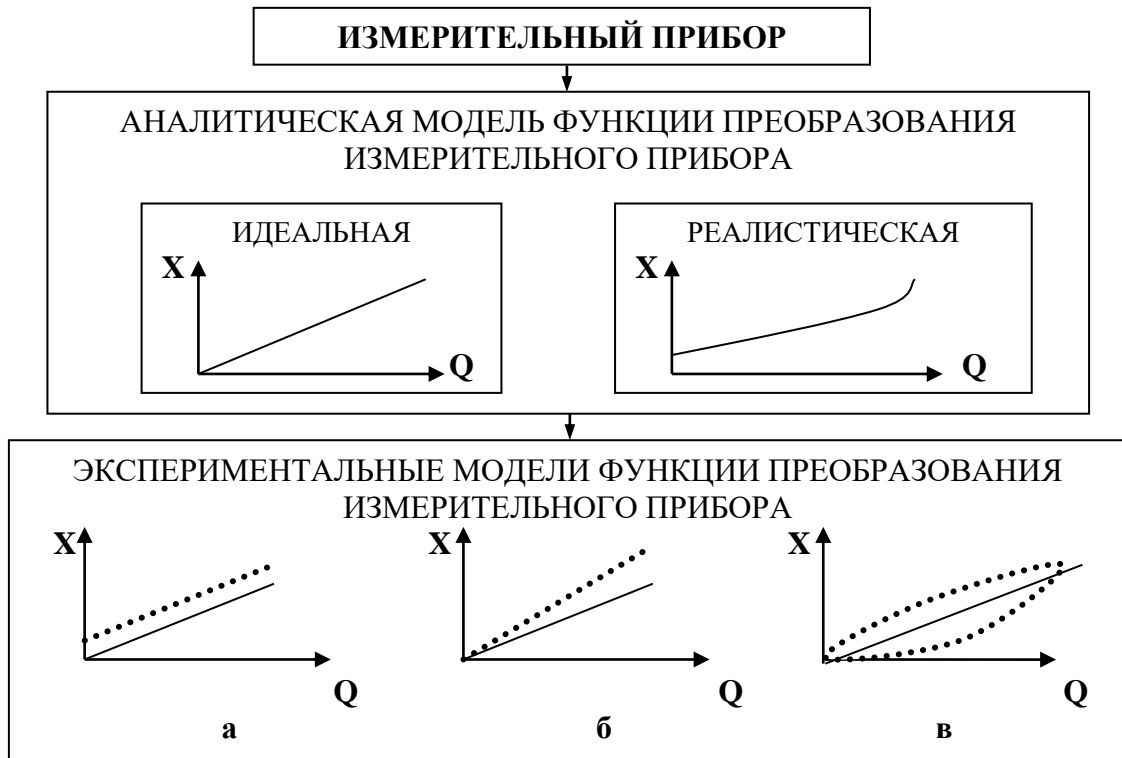


Рисунок 7.2 – Моделирование функции преобразования измерительного прибора

Термин «эталонное средство измерений» здесь заменяет ранее употреблявшийся и еще достаточно часто встречающийся термин «образцовое средство измерений».

Для поверки прибора по мерам необходимо иметь однозначные меры (набор мер), либо многозначную меру, позволяющие воспроизводить соответствующие значения физической величины. Схема поверки представлена на рисунке 7.3.

Одну из операций процесса поверки (поверка прибора в одной контрольной точке) можно описать следующим образом: на вход поверяемого прибора 1 с помощью меры 2, воспроизводящей заданное значение физической величины Q_m подают нормированный сигнал измерительной информа-

ции X_m , который должен вызвать соответствующий отклик на выходе прибора. Погрешность прибора Δ в поверяемой точке определяют как разность между реальным откликом прибора X_n и нормированным откликом X_m

$$\Delta = X_n - X_m.$$

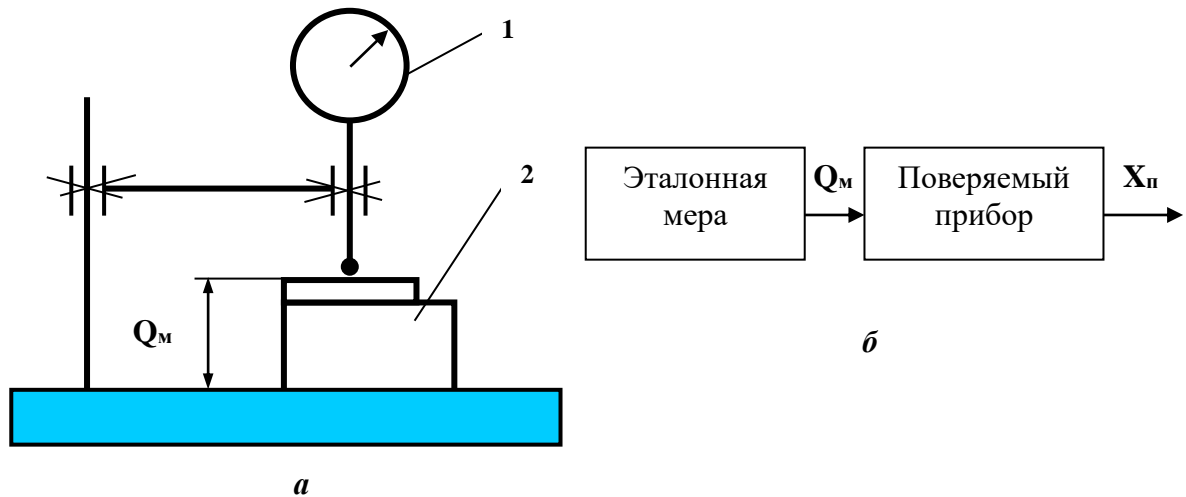


Рисунок 7.3 – Поверка прибора по эталонным мерам: а – конструктивная схема, б – принципиальная схема. 1 – поверяемый прибор, 2 – эталонная мера

В рассматриваемой **модели поверочной операции** используются **две модели средств измерений**: меры (ансамбля мер) и поверяемого прибора. При этом меру рассматривают как соответствующую идеальной модели, то есть принимают, что мера воспроизводит только одно приписанное ей значение физической величины Q_m , причем погрешность меры Δ_m принимают практически равной нулю

$$\Delta_m = Q_m - Q \approx 0,$$

то есть, воспроизводимое мерой значение практически соответствует номинальному

$$Q_m \approx Q.$$

Для описания результатов данного процесса используется модели поверяемого измерительного прибора в виде функции (а точнее двух функций) преобразования измерительного прибора. Номинальная (приписанная прибору идеальная функция) служит для сопоставления с ней экспериментальной

функции преобразования (градуировочной характеристики), полученной в процессе поверки. При поверке прибора для каждого измеренного значения Q_{mi} с соответствующим ему известным идеальным откликом X_{mi} фиксируют реальные отклики на выходе прибора X_{pi} .

При поверке прибора по более точному прибору эталонный прибор используют для воспроизведения заданной физической величины (если есть такая возможность), или осуществляют измерение поверяемым и эталонным приборами одной и той же физической величины с последующей оценкой разности результатов измерений. Схемы, которые можно считать графическим представлением метрологических моделей поверки, представлены на рисунке 7.4.

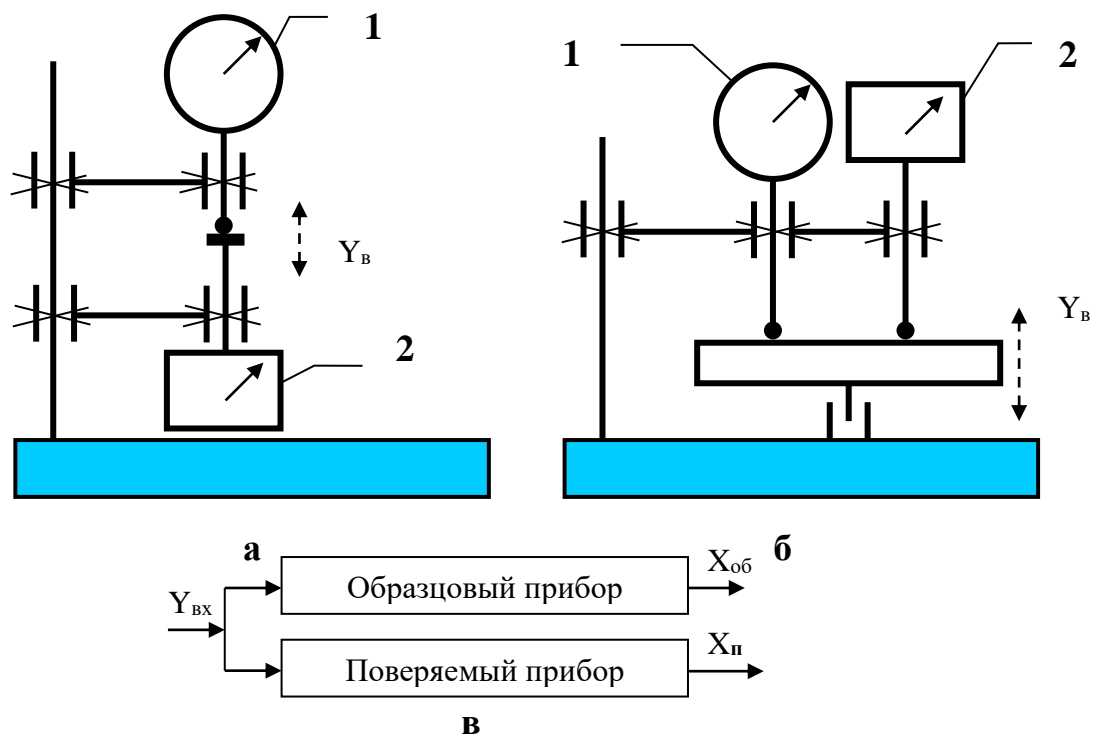


Рисунок 7.4 – Поверка прибора по образцовому прибору (1 – поверяемый прибор, 2 – образцовый прибор): а – непосредственно, б – с объектом измерения и/или дополнительными приспособлениями, в – принципиальная схема.

Поверка прибора по эталонным прибору и мерам (рисунок 7.5) обычно осуществляется с помощью последовательных измерений одних и тех же величин эталонным прибором с эталонными мерами и поверяемым прибором

методом непосредственной оценки. Разность результатов измерений рассматривается как оценка погрешности поверяемого прибора. Такой метод поверки позволяет эффективнее использовать узкодиапазонные эталонные приборы повышенной точности.

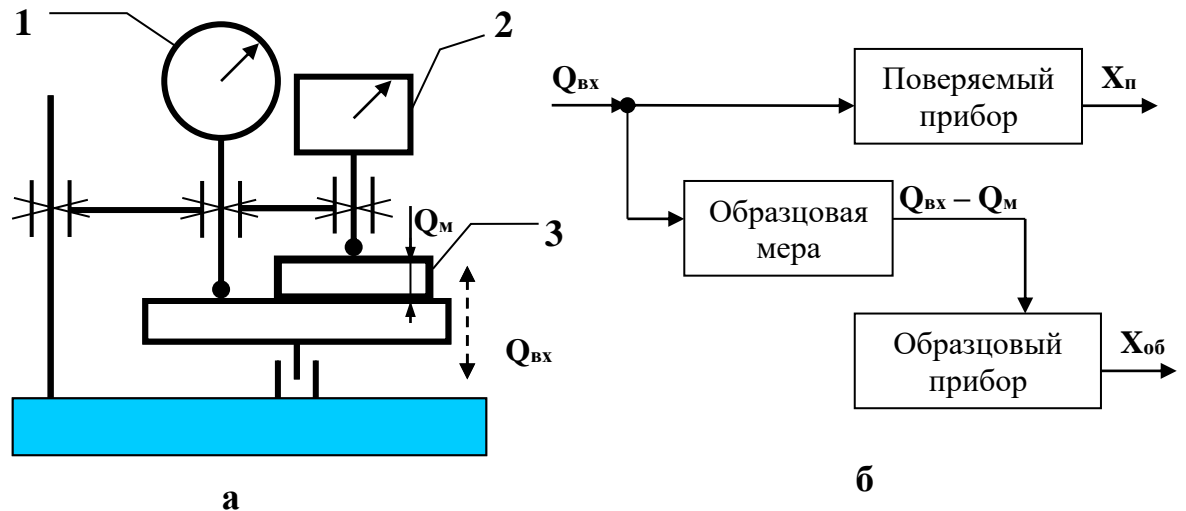


Рисунок 7.5 – Поверка прибора по образцовому прибору и образцовой мере:
(1 – поверяемый прибор, 2 – образцовый прибор, 3 – образцовая мера)
а – конструктивная схема, б – принципиальная схема.

Рассмотренные метрологические модели могут представить определенный интерес для экспертизы сложных измерительных задач (измерительный приемочный контроль многопараметрических объектов, исследование точности технологических операций и технологических процессов и другие экспериментальные исследования, включая исследования средств измерений и МВИ).

7.4. Использование моделей при метрологической экспертизе

Схема какого-либо объекта есть *семиотическая модель этого объекта*, отражающая его наиболее важные характерные черты. Схемы объектов строят в зависимости от целевого назначения:

- исследование объекта (его структуры, функционирования и др.);
- объяснение объекта заинтересованным лицам.

Схема может сопровождаться текстом. Распределение информации между схемой и сопроводительным текстом может значительно различаться в зависимости от целевого назначения схемы и используемой в ходе ее построения контекстной информации.

С позиций системотехники схему сложного объекта следует рассматривать как модель реальной системы, отражающую ее элементный состав, наличие связей и обладающую свойством инвариантности (неизменности) во времени. В состав схемы следует включать только те свойства системы, которые являются существенными с точки зрения проводимого исследования, и отражают приемлемую для практического использования совокупность значимых свойств системы.

Построение большинства схем осуществляется экспертными методами. Можно предложить методику, которая позволяет упорядочить такую работу. В основу методики положены следующие допущения:

- схема строится для представления системного объекта;
- в основу построения схемы кладут ее целевое предназначение;
- схема строится для определенного пользователя (для группы исследователей, для специалистов, для научной общественности, для обучающихся);
- в системе есть главные элементы и связи, которые должны найти отражение в схеме для любого пользователя (при разных уровнях дифференциации элементов объекта и снятия неопределенности);
- имеют право на существование несколько разных схем, однотипно представляющих один и тот же сложный объект.

Построение любой схемы можно рассматривать как решение слабо структурированной задачи при наличии существенной неопределенности, которую постепенно снимают в процессе решения. Процесс построения структурной схемы можно рассматривать как исследование системы на основе экспериментальных и теоретических сведений о характере функционирования

ния системы в заданных обстоятельствах. Членение системы на блоки и элементы нужно осуществлять в соответствии с необходимостью детализации описания структуры и наглядности отображения ее свойств.

Можно предложить следующий порядок построения схемы:

- определение целевого назначения схемы (цели и задачи исследования объекта с помощью данной модели);
- определение важнейших функций моделируемой системы в соответствии с целевым назначением схемы;
- определение главных структурных элементов системы, обеспечивающих реализацию важнейших функций системы, и выявление связей между элементами;
- выбор системы условных обозначений структурных элементов и связей;
- построение «основной части» схемы (предварительный вариант);
- развитие схемы;
- проверка, критика, оценка, модернизация схемы.

В ходе построения схемы и по его окончании проводится проверка схемы на адекватность отображаемому объекту. Схема признается удовлетворительной после апробации предполагаемым пользователем, включая проверку адекватности восприятия схемы.

Метрологические схемы бывают необходимы при описании измерительных процедур, методик выполнения измерений, методик поверки и калибровки средств измерений, при описании средств измерений в технической проектной и эксплуатационной документации, а также при метрологической экспертизе. Метрологическая схема не только несет концентрированную информацию, но и позволяет строить модели появления составляющих погрешностей, чтобы затем проводить необходимые точностные расчеты.

Часто не обращают внимания на разницу между схемами измерений конкретной физической величины, носителем которой является объект, и схемами измерительного контроля объекта. В отличие от схемы измерения схема контроля включает указание числа и расположения контрольных точек (сечений) объекта, необходимых для создания его адекватной экспериментальной модели, которую сопоставляют с нормативной моделью для оценки годности объекта. Следовательно, схема контроля объекта по некоторому нормированному параметру (физической величине) в ряде случаев не исчерпывается схемой измерения этой физической величины, а должна включать дополнительную информацию.

Схема измерения может совпадать со схемой контроля в том случае, когда физическая величина воспроизводится на объекте однократно и контрольные точки (сечения) в принципе отсутствуют (контроль массы детали, сопротивления высокоомного резистора, объема тела) или модель объекта строится по результатам измерения в одной контрольной точке/сечении (наибольшая глубина водоема, длина швейной иглы). Схема измерения имеет ограниченную область применения, например она необходима при измерениях ненормированных объектов, что часто встречается в научных исследованиях. Однако при **исследовании** объекта, на котором номинально одна физическая величина фактически воспроизводится как бесконечное множество однородных величин, схема измерений обязательно должна быть дополнена схемой контрольных точек (сечений) объекта.

Контрольная точка – условное наименование, определяющее область «съема измерительной информации» об исследуемой физической величине с измеряемого объекта средством измерения или область «контакта» единичного чувствительного элемента с объектом измерения. «Точка» может иметь значительную протяженность (площадь или объем), как например, при контроле призматической детали гладким микрометром или при измерениях

температуры среды жидкостным термометром. При использовании средств измерений с несколькими чувствительными элементами в одно контрольное сечение может входить соответствующее множество контрольных точек. Термин «контрольная точка (контрольное сечение)» **не означает**, что осуществляется процесс контроля объекта, это традиционное наименование точек съема информации об измеряемой физической величине, в том числе при экспериментальных исследованиях, когда «контроль» исследуемых параметров не имеет смысла.

В **линейно-угловых** измерениях под контрольной точкой понимают место взаимодействия чувствительного элемента средства измерений с поверхностью контролируемого объекта редуцированное на схеме к геометрической точке. Под контрольным сечением обычно понимают либо сечение объекта плоскостью, проходящей через линию измерения (контролируемое или исследуемое сечение), либо прямую линию между двумя чувствительными элементами средства измерений в месте контакта с поверхностью контролируемого объекта.

Схемы контрольных точек (контрольных сечений) **должны включать:**

1. Эскиз объекта контроля с указанием контрольных точек (контрольных сечений). Не подлежащие контролю элементы могут быть показаны упрощенно или вообще исключены из изображения объекта контроля. При необходимости эскиз контролируемого объекта выполняется с указанием параметров расположения контрольных точек или сечений на необходимом для этого числе проекций (разрезов, сечений).

2. Обозначения направлений измерительных перемещений, если они не очевидны (например, при контроле биения в заданном направлении).

3. Направления и характер вспомогательных относительных перемещений чувствительного элемента средства измерений и контролируемого объекта (указывают при необходимости).

К вспомогательным перемещениям относятся те, которые обеспечивают поиск направления линии измерений на объекте (например, покачивание нутромера в отверстии для поиска нормального сечения), или необходимы для получения значений измеряемой величины в исследуемом контрольном сечении (вращение детали при измерении биений, перемещение измерительной головки по нормали к линии измерения при измерении полного радиального или торцового биения и т.п.).

Схемы контрольных точек (контрольных сечений) могут дополняться вербальными описаниями требований к их расположению и идентификации на объекте измерений, например:

- «Контрольные точки располагать по равномерной сетке с одинаковыми шагами на всей площади плоской поверхности. При обнаружении экстремумов провести дополнительные измерения в исследуемой области по более густой сетке и внести в схему измерений новые контрольные точки, либо зафиксировать видоизмененную (корректированную) сетку с неравномерными шагами».
- «Перемещение измерительной головки при контроле полного радиального биения в сечениях №№ 1...N осуществлять с сохранением начала отсчета отклонений в системе координат, связанной с базовой осью».

Примеры схем расположения контрольных точек и контрольных сечений представлены на рисунке 7.6.

Примеры приведены для случаев исследования прямолинейности и плоскостности, а также для указания контрольных сечений при измерении размеров поперечного сечения цилиндрического валика и при контроле радиального и полного радиального биений одной из цилиндрических поверхностей детали типа «вал».

На схемах не указаны направления измерений, поскольку очевидно, что линии измерений нормальны к исследуемым поверхностям. Базовые эле-

менты деталей и базирующие устройства средств измерений не показаны, поскольку они не являются элементами схем контрольных точек (сечений).

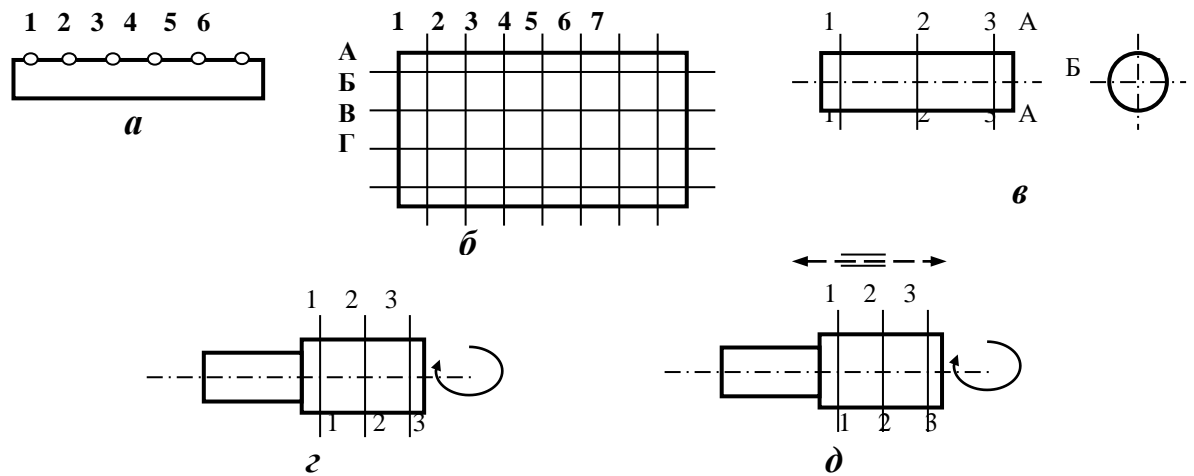


Рисунок 7.6 – Схемы расположения контрольных точек и сечений: *a* – для измерения прямолинейности профиля; *б* – для измерения плоскостности; *в* – для измерения поперечных размеров цилиндрического ролика; *z* – для измерения радиального биения наружной цилиндрической поверхности (показано вспомогательное перемещение – относительные перемещения контролируемого объекта и чувствительного элемента СИ, обычно реализуемое за счет вращения детали); *д* – для измерения полного радиального биения наружной цилиндрической поверхности (дополнительно показана необходимость координированного взаимного перемещения чувствительного элемента и детали)

Схема контроля (схема измерительного контроля) конкретного геометрического параметра объекта является составной частью методики контроля и должна отображать реализацию процесса измерительного контроля. Схема контроля объекта по заданному геометрическому параметру **должна включать:**

1. Эскиз детали с выделенными элементами, подлежащими контролю и базовыми элементами (если они не совпадают с контролируемым). Элементы, не подлежащие контролю и не являющиеся базовыми, могут быть показаны упрощенно или вообще исключены из изображения объекта контроля.

2. Указание контрольных точек (контрольных сечений) объекта. При необходимости выполняется дополнительный эскиз контролируемого объекта со всеми контрольными точками (контрольными сечениями) и указанием

параметров расположения контрольных точек или сечений или отдельная схема контрольных точек (сечений).

3. Схематическое изображение средства измерений в одном или нескольких видах («проекциях»), с обязательным включением условных обозначений базирующих элементов средства измерений и его чувствительных элементов. Остальные элементы средства измерений, вспомогательные устройства, установочные меры изображают при необходимости.

Примечание. Чувствительные элементы могут совпадать с базирующими. Так для накладных приборов типа микрометров гладких и рычажных базирующие элементы (пятки прибора) одновременно являются его чувствительными элементами.

4. Обозначения направлений и указание характера (непрерывный, периодический) измерительных перемещений, а также (при необходимости) схематические изображения обеспечивающих эти перемещения кинематических элементов.

Примечание. Не указывают кинематические элементы, являющиеся органической частью применяемых СИ, например, направляющие штока измерительной головки.

5. Обозначения направлений и указание характера (при необходимости) всех вспомогательных и установочных перемещений, необходимых для осуществления контроля (для получения адекватной модели контролируемого объекта), а также схематические изображения обеспечивающих эти перемещения кинематических элементов.

Примечание. К вспомогательным перемещениям относятся те, которые обеспечивают перенос линии измерений в новую контрольную точку (сечение), а также совмещение линии измерений с экстремальными значениями контролируемых параметров (например, покачивание нутромера для поиска наименьшего значения диаметра отверстия в контролируемом сечении). Установочные перемещения – те, которые применяются для обеспечения

правильной установки прибора в пространстве и при настройке прибора на меру.

б. Изображение настройки средства измерений на меру (блок или ансамбль мер). Если измерение осуществляется методом замещения, такое изображение может быть необходимым, например, для указания настроечных и/или установочных перемещений. Так при настройке индикаторного нутромера по блоку концевых мер с боковиками установочные перемещения не совпадают со вспомогательными перемещениями, осуществляемыми при измерении цилиндрического отверстия.

Примечание. Самостоятельная схема настройки средства измерений может быть выполнена, например, в случаях настройки многомерного средства контроля на сложную меру или несколько мер (ансамбль мер).

В схему контроля может входить схема контрольных точек (сечений), если такое совмещение не затрудняет чтение. Изображение на схеме контроля может включать две «проекции», если это необходимо для указания установочных и вспомогательных перемещений.

Для изображения контрольных схем и схем измерений по возможности следует использовать условные обозначения из ЕСКД, а также специально разработанные обозначения (измерительные головки, стандартные стойки и штативы, чувствительные и базирующие элементы СИ и т.д.).

На рисунке 7.7 представлены примеры схем контроля биений поверхностей деталей типа «вал»: радиального биения при базировании детали в двух призмах (рисунок 7.7 *а*) и торцового биения при базировании в одной призме (рисунок 7.7 *б*). Показаны также вспомогательные базы у левого торца вала и силовое замыкание (сила F), вспомогательное вращательное движение вала, обеспечивающее измерение отклонений радиусов-векторов или осевых отклонений по всему контрольному сечению. На рисунке 7.7*а* представлены три контрольных сечения (1, 2 и 3), равномерно расположенные

вдоль контролируемой поверхности, и показано вспомогательное перемещение измерительной головки (прерывистое прямолинейное перемещение вдоль оси детали, которое может осуществляться путем перестановки измерительной головки). На рисунке 7.7б показано только одно контрольное сечение, лежащее на радиусе R .

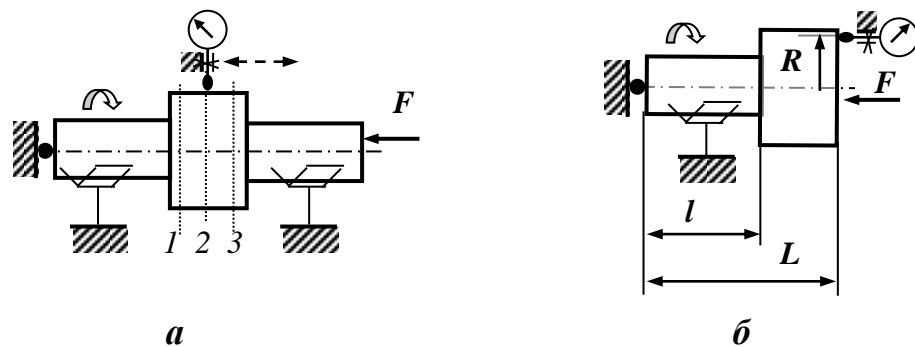


Рисунок 7.7 – Схемы контроля радиального *a* и торцового *б* биений поверхностей

Если схема будет использоваться не только для описания МВИ, но и для функционального анализа погрешностей и расчетов составляющих, будут необходимы значения R , L , l , которые должны быть приведены непосредственно на схеме или в сопровождающем ее текстовом описании. Отсчетные устройства в соответствии с обозначениями на схемах – аналоговые измерительные головки. Направления измерительных перемещений не указываются, поскольку они очевидны.

Унифицированный подход к построению метрологических схем позволит обеспечить единообразное описание методик выполнения измерений, операций и процессов контроля в технической документации, что является очень важным для выполнения измерений и трактовки результатов измерительного контроля. Унификация схем облегчит также функциональный анализ спроектированных МВИ при оценке погрешностей измерений и при их метрологической экспертизе.

8. НЕКОНТРОЛЕПРИГОДНОСТЬ ПАРАМЕТРОВ. ПРИЧИНЫ НЕКОНТРОЛЕПРИГОДНОСТИ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ЕЕ УСТРАНЕНИЯ

Главные задачи, решаемые в ходе формальной метрологической экспертизы – подтверждение контролепригодности или доказательство неконтролепригодности экспертируемых параметров. Неконтролепригодность может быть следствием завышенных требований к точности параметра или его инструментальной недоступности, которая обусловлена конструкцией объекта – носителя измеряемой физической величины. Обе причины могут приводить к условной либо безусловной неконтролепригодности.

Условная инструментальная недоступность параметра может быть связана с особенностями конструкции конкретного изделия (нет возможности должным образом установить чувствительные элементы средства измерений). Так в собранном изделии могут оказаться недоступными поверхности сопрягаемых вала и отверстия при их одинаковой длине. В подобных случаях можно предложить несколько путей обеспечения контролепригодности:

- «открытие параметра», для чего может потребоваться частичная разборка изделия;
- проектирование специальных средств измерений или модернизация ранее разработанных средств измерений, и в частности – чувствительных элементов (например, применение бесконтактных средств измерений температуры или длины, уменьшение размеров измерительных наконечников);
- переход к **косвенному контролю**.

Бывают ситуации, когда разборка изделия невозможна или она не обеспечивает инструментальную доступность. Неконтролепригодность из-за инструментальной недоступности параметра часто можно устранить изменением конструкции изделия, либо созданием новых средств измерений. В случаях, когда частичная разборка изделия не обеспечивает «открытие параметра», экономически оправданным в массовом или крупносерийном производ-

стве может быть применение выборочного контроля с разрушением некоторого процента изделий.

Полная инструментальная недоступность параметра, как правило, обусловлена неразъёмностью конструкции экспертируемого изделия, в которое «не заложены» чувствительные элементы. Так нельзя измерить давление в герметично закрытой полости, геометрические параметры элементов залитых компаундом электронных изделий. При выявлении безусловной инструментальной недоступности параметра можно предложить использование косвенного контроля.

Косвенный контроль может быть реализован по-разному, например, вместо параметра можно контролировать технологический процесс, либо наладку технологического инструмента. Некоторые параметры можно также оценивать на готовой сборочной единице по качеству ее функционирования. Такой вид контроля не обеспечивает высокой оперативности реагирования, но иногда он является единственно возможным. Сложности контроля готовых изделий заключаются также в том, что качество их работы зависит не от одного интересующего нас параметра, а дефекты могут быть вызваны и другими причинами. В подобной ситуации организация косвенного контроля может потребовать проведения специальных исследований.

Безусловную невозможность обеспечить требуемую точность измерения приходится признавать только тогда, когда заданная точность параметра конкурирует с точностью первичного эталона. Во всех остальных случаях требуемый уровень точности измерений формально может быть обеспечен. Однако встречаются ситуации, когда требуемую точность измерения не удастся обеспечить из-за «шума», искажающего или полностью перекрывающего полезный сигнал измерительной информации. Такие ситуации характерны для контроля параметров слаботочной электроники, для контроля геометрических (линейных и угловых) параметров. В частности, неконтролепригодность геометрических параметров может возникать из-за некорректно вы-

бренных баз, неправильных соотношений между допусками размеров, формы и расположения поверхностей, соизмеримости норм точности параметров микро- и макрогеометрии поверхностей и т.д.

Рассмотрим более подробно соотношения между нормами точности геометрических параметров деталей.

Соотношения между допусками размеров, формы и расположения поверхностей

Допуски размеров всегда определяют точность формы и расположения всех поверхностей. Поскольку «разнотолщинность» призматической детали ограничена размерами h_{min} и h_{max} , очевидно, что форма и/или расположение противоположных граней годной детали ограничиваются полем допуска размера (рисунок 8.1). Непостоянство размера может быть обусловлено отклонением граней от параллельности $E_{расп}$ (рисунок 8.1 *а*), или отклонением грани E_{ϕ} от плоскостности (рисунок 8.1 *б*), или наличием комплекса отклонений формы и расположения рассматриваемых поверхностей.

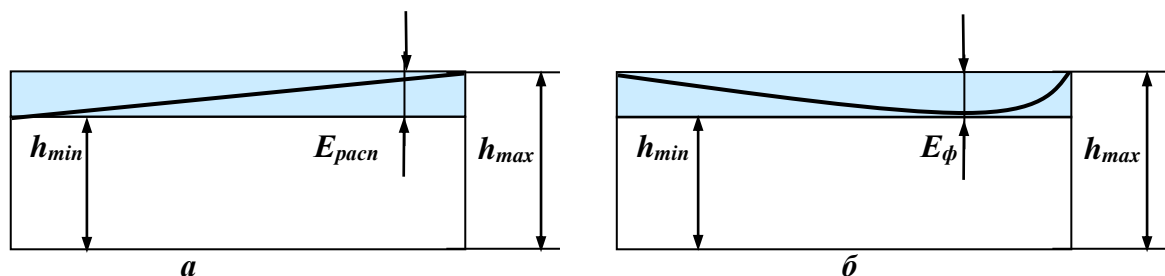


Рисунок 8.1 – Взаимосвязь между допусками размера и отклонениями:
а – расположения (параллельности), *б* – формы (прямолинейности, плоскостности)

В соответствии с принципом суперпозиции погрешностей вторая грань рассматривается как идеальная, хотя фактически ее дефекты будут ужесточать допустимые значения отклонений формы и расположения.

В практике машиностроения и приборостроения встречаются ситуации, когда ограничения отклонений формы и расположения поверхностей, определяемые допусками размеров, оказываются слишком грубыми для обеспечения нормального функционирования деталей. В таких случаях на форму

и/или расположение поверхностей накладывают более жесткие ограничения в виде специально организованных полей допусков. Специальные допуски формы и расположения поверхностей появились значительно позднее, чем допуски размеров, причем значения этих допусков, как правило, составляют определенную часть от допуска размера, регламентирующего те же отклонения (уровни относительной геометрической точности А, В и С).

Примеры случаев, для которых точность размеров имеет не столь существенное значение, как точность формы и/или расположения поверхностей:

- натяжные ролики ременных передач, для которых точность размеров не столь важна, как круглость рабочих поверхностей;
- накладные призматические направляющие, для которых важна не точность размеров, а прямолинейность рабочих поверхностей;
- колонки измерительных стоек и штативов, которые обеспечивают перестановку и фиксацию кронштейнов с закрепленными в них измерительными головками и должны иметь прямолинейную ось направляющей поверхности. Для колонок с двумя ступеньками, одна из которых запрессовывается в основание, важным параметром является также параллельность осей посадочной и направляющей поверхностей;
- поверочные плиты, для которых практически не нужны точные размеры, но необходимы очень жесткие требования к плоскостности рабочих поверхностей;
- кронштейны, крышки и др. детали с привалочными плоскостями, которые могут иметь весьма свободные допуски размеров, но жестко ограниченные допуски плоскостности, параллельности, перпендикулярности.

Между допусками макрогеометрии существуют очевидные и неявные связи. Очевидно, что допуск высоты призматической детали ограничивает отклонения от параллельности верхней и нижней граней и их отклонения от

плоскостности (см. рисунок 8.1). Кроме того, он лимитирует отклонения от прямолинейности любых профилей этих поверхностей (в произвольных направлениях). Допуск диаметра цилиндрической детали ограничивает отклонения от круглости и отклонения профиля продольного сечения поверхности, которые в свою очередь не могут быть больше допуска ее цилиндричности.

В нормативном документе РТМ 2 НЗ1-4–81, определяющем взаимосвязи между допусками, приводят перечень отклонений формы и расположения поверхностей «не ограничиваемых полями допусков размеров». Это положение следует рассматривать как **некорректное**, поскольку фактически таких отклонений формы и расположения не бывает, а причинами необнаружения связей могут быть либо их неочевидность, либо недостаточная строгость методик выполнения измерений. В частности, не столь очевидны связи между нормированной точностью размеров и отклонениями от перпендикулярности, соосности, пересечения осей, симметричности, а также радиального и торцового биений.

Такие связи проявляются, если проанализировать **номинальные значения** функционально важных размеров. Например, назначение допуска перпендикулярности подразумевает, что угловой размер между номинально перпендикулярными элементами равен 90° ; между осями двух номинально соосных поверхностей имеется линейный размер, номинально равный нулю. Нулю равны также размеры между пересекающимися осями в точке их номинального пересечения, размеры между осями или плоскостями симметрии номинально симметричных элементов. Торцовое биение (даже если не задан допуск биения) всегда ограничено допусками соответствующих продольных размеров вала или втулки.

Приведенное в РТМ 2 НЗ1-4–81 обоснование «независимости» допусков перпендикулярности от допусков размеров призматической детали бази-

руется на невозможности выявления отклонений от перпендикулярности граней при контроле параметров накладными приборами. Недостаток таких измерений – использование двух не связанных друг с другом линейных систем координат. Недоразумение устраняется при измерительном контроле в фиксированной двухкоординатной системе, где связь между размерами и расположением элементов становится явной.

Приведенные примеры показывают, что при рассмотрении допусков формы и расположения поверхностей, особое внимание следует обращать на номинально нулевые размеры и на необходимость координатного контроля геометрических параметров в фиксированной двух- или трехкоординатной системе.

При экспертизе **согласованности** допусков макрогеометрии между собой можно воспользоваться приведенными ниже зависимостями, которые выведены специально для обеспечения контролепригодности геометрических параметров. Для определения соотношений между нормами точности параметров введем понятие «**лимитирующий допуск**» – допуск параметра макрогеометрии, который ограничивает возможности увеличения значений других связанных с ним допусков и/или высотных параметров шероховатости поверхностей. При наличии нескольких взаимосвязанных допусков можно построить последовательность лимитирующих допусков. При этом всякий раз лимитирующим для следующих допусков является тот, который накладывает самые жесткие ограничения.

Соотношения между частными и интегральными допусками формы можно рассмотреть на примерах допусков формы номинально плоских и номинально цилиндрических поверхностей. Очевидно, что допуск прямолинейности номинально плоской поверхности T_{np} (частный допуск) не может быть больше, чем лимитирующий его значение интегральный допуск плоскостности $T_{пл}$ той же поверхности:

$$T_{np} \leq T_{пл}.$$

Допуски круглости $T_{кр}$ и профиля продольного сечения T_{nc} номинально цилиндрической поверхности (частные допуски) не могут быть больше, чем лимитирующий их интегральный допуск цилиндричности $T_{цил}$ той же поверхности:

$$T_{кр} \leq T_{цил} \text{ И}$$

$$T_{nc} \leq T_{цил}$$

Соотношения между допусками формы и лимитирующими допусками расположения включают в себя следующие связи:

- для допусков прямолинейности и плоскостности номинально плоских элементов лимитирующими будут любые допуски расположения этих поверхностей (допуски параллельности, перпендикулярности, наклона и симметричности номинально плоских элементов деталей);
- для допусков круглости, профиля продольного сечения и цилиндричности номинально цилиндрических элементов лимитирующими будут любые допуски расположения этих элементов (допуски соосности, пересечения осей, позиционные, допуски симметричности номинально цилиндрических элементов деталей, а также допуски параллельности, перпендикулярности и наклона осей номинально цилиндрических элементов по отношению к базовым осям или плоскостям);
- для допусков прямолинейности осей номинально цилиндрических элементов лимитирующими будут любые допуски расположения этих элементов;
- для допусков профиля поперечного сечения (круглости) и допусков прямолинейности осей номинально нецилиндрических элементов, являющихся поверхностями вращения (таких как конусы, параболоиды, резьбовые поверхности) лимитирующими будут любые допуски расположения этих элементов.

Для любого из этих случаев можно предложить общее соотношение допусков формы T_F и лимитирующего допуска расположения T_W , если лимитирующий допуск ограничивает отклонения формы **двух поверхностей** или **двух противоположных элементов** одной поверхности

$$T_F \leq (k T_W) / 2 ,$$

где k – коэффициент использования лимитирующего допуска, как правило принимаемый в пределах от 0,2 до 0,6 (для уровней относительной геометрической точности А, В и С стандарт предлагает использовать на допуски формы или расположения от 12 % до 60 % допуска размера).

В исключительных случаях (**не требуются** ограничения отклонения формы с двух сторон), соотношение может трансформироваться к виду

$$T_F \leq (k T_W).$$

Коэффициент использования лимитирующего допуска k вводится для того, чтобы оставить некоторую гарантированную часть этого допуска (от $0,4T_W$ до $0,8T_W$), не занятую отклонениями формы, на возможные отклонения собственно расположения и размера. Ограничение отклонений формы вызвано тем, что фактически **они будут комплексироваться** с отклонениями собственно расположения и отклонениями размера.

Рекомендации по соотношениям допусков формы с лимитирующими их допусками расположения представлены в таблице 8.1.

Определенные особенности встречаются при нормировании допусков элементов типа тел вращения, в частности, допусков параллельности, перпендикулярности и наклона осей, задаваемых относительно номинально плоских базовых элементов деталей. Поле допуска в этом случае представляет собой цилиндрическое пространство, и допуски могут быть представлены в радиусном или в диаметральном выражении.

Рекомендации для определения соотношений допусков формы с лимитирующими их суммарными (интегральными) допусками формы и располо-

жения представлены в таблице 8.2. Расчетные зависимости приведены в таблице для допусков в диаметральном выражении, поскольку они распространяются на поле допуска в целом.

Таблица 8.1 – Соотношения допусков формы T_F и лимитирующих допусков расположения T_W

Вид назначаемого допуска формы	Виды лимитирующих допусков расположения	Рекомендуемое соотношение между T_F и T_W	Примечания
		$T_F \leq (k T_W) / 2$	T_F – допуски прямолинейности номинально плоских рассматриваемых и базовых элементов
			T_F – допуски плоскостности номинально плоских рассматриваемых и базовых элементов
			T_F – допуски прямолинейности «оси симметрии» элементов типа тел вращения (значение в диаметральном выражении)
			T_F – допуски плоскостности «плоскости симметрии» призматических элементов
			T_F – допуски круглости элементов типа тел вращения, а также все допуски формы номинально цилиндрических элементов (значение в диаметральном выражении)

Для обоснования этих рекомендаций необходимо корректно определить, какие допуски входят в состав интегральных допусков формы и расположения (допуски биений) на примере взаимосвязи реальных отклонений расположения и формы поверхностей:

- радиальное биение включает в себя отклонения от соосности и от круглости в каждом из сечений, значит, допуск радиального биения будет лимитирующим для допусков круглости и соосности;

- полное радиальное биение включает в себя отклонения от соосности и от цилиндричности, следовательно, допуск полного радиального биения будет лимитирующим для допусков цилиндричности и соосности;
- торцовое биение включает в себя отклонения от перпендикулярности и от плоскостности кольцевой зоны «нулевой» ширины (ширина определяется площадкой контакта измерительного наконечника с деталью), значит, допуск торцового биения будет лимитирующим для допусков плоскостности и перпендикулярности;
- полное торцовое биение включает в себя отклонения от перпендикулярности и отклонения от плоскостности всей торцовой поверхности, значит, допуск полного торцового биения будет лимитирующим для допусков плоскостности и перпендикулярности.

Таблица 8.2 – Соотношения допусков формы, расположения T_F и лимитирующих суммарных допусков биения T_{lim}

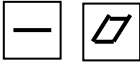
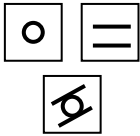






Вид назначаемого допуска	Виды лимитирующих допусков T_{lim}	Рекомендуемое соотношение между T_F и T_{lim}	Примечания
		$T_F \leq (k T_{lim}) / 2$	Лимитирующие допуски T_{lim} – допуски радиального биения и полного радиального биения
			Лимитирующие допуски T_{lim} – допуски радиального биения и полного радиального биения
			Лимитирующие допуски T_{lim} – допуски торцового биения и полного торцового биения
			Лимитирующие допуски T_{lim} – допуски торцового биения и полного торцового биения


Соотношения допусков формы или расположения и лимитирующих допусков линейных или угловых размеров представлены в таблице 8.3.

В случае если допуски расположения не нормированы, лимитирующим допуском является допуск размера, значит допуски формы (и высотные параметры шероховатости поверхностей), ограничиваемые лимитирующим допуском размера, также должны «укладываться» в лимитирующий допуск с

некоторым запасом. При ограничении угловых размеров допусками углов в качестве лимитирующего допуска принимается значение допуска угла в линейном выражении AT_h .

Таблица 8.3 – Соотношения допусков формы или расположения (T_F , T_W) и лимитирующих допусков линейных или угловых размеров IT , AT

Вид назначаемого допуска	Лимитирующие допуски размеров линейных (IT) или угловых (AT)	Рекомендуемое соотношение между T_F и IT , AT	Примечания
	IT AT	$T_F \leq (k IT) / 2;$ $T_F \leq (k AT_h) / 2$	T_F – допуски формы номинально плоских рассматриваемых и базовых элементов
	IT_d, IT_D	$T_F \leq (k IT) / 2;$	T_F – допуски круглости элементов типа тел вращения, а также все допуски формы номинально цилиндрических элементов (значение в диаметральном выражении)
	IT_l, IT_L или $IT_{l1}, IT_{l2}; IT_{L1}, IT_{L2}$	$T_W \leq k (IT_1 + IT_2) / 2$	IT_l, IT_L – допуски одинаковых по длине охватываемых и охватывающих элементов, $IT_{l1}, IT_{l2}, IT_{L1}, IT_{L2}$ – допуски различающихся по длине элементов. В последнем случае лимитирующим (IT) является самый жесткий допуск
	$IT_{l1}, IT_{l2}; IT_{L1}, IT_{L2}$ или AT	$T_W \leq k (IT_1 + IT_2) / 2$ $T_W \leq k AT_h$	Лимитирующим является допуск угла в линейной мере (AT_h), либо «комплексный» допуск линейных размеров, ограничивающих элементы угла ($IT_1 + IT_2$)
	$IT_{l1}, IT_{l2}; IT_{L1}, IT_{L2}$ или AT	$T_W \leq k (IT_1 + IT_2) / 2$ $T_W \leq k AT_h$	Как и в предыдущем случае лимитирующим является допуск угла в линейной мере (AT_h), либо «комплексный» допуск линейных размеров, ограничивающих элементы угла ($IT_1 + IT_2$)
	$IT_{d1}, IT_{d2}; IT_{D1}, IT_{D2};$	$T_W \leq k (IT_{D(d)1} + IT_{(d)2}) / 2$	Лимитирующими являются допуски размеров рассматриваемых элементов ($IT_{d1}, IT_{d2}; IT_{D1}, IT_{D2}$)
	IT_{l1}, IT_{l2} и IT_d, IT_D	$T_W \leq k \{ (IT_1 + IT_2) + (IT_{D(d)}) \} / 2$ $T_W \leq k (AT_h + IT_{D(d)}) / 2$	Лимитирующими являются допуски координирующих размеров (IT_{l1}, IT_{l2}) и допуски размеров рассматриваемых элементов (IT_d, IT_D)
	IT_{l1}, IT_{l2} и $IT_{l3}, IT_{l4}; IT_{D1}, IT_{D2};$ или AT	$T_W \leq k \{ (IT_1 + IT_2 + IT_3 + IT_4) + (IT_{D1} + IT_{D2}) \} / 2$ $T_W \leq k \{ AT_h + (IT_{D1} + IT_{D2}) \} / 2$	Лимитирующим является допуск угла в линейной мере (AT_h), либо «комплексный» допуск линейных размеров, ограничивающих угловые координаты осей (IT_1, IT_2, IT_3, IT_4) и диаметральные размеры его элементов (IT_{D1}, IT_{D2})

	$IT_{I_1}, IT_{I_2} \text{ и } IT_{I_3}$	$T_W \leq k(IT_K + IT_{I_1} + IT_{I_2}) / 2$	Лимитирующими являются допуск координирующего размера (IT_K) и допуски размеров рассматриваемых элементов (IT_{I_1}, IT_{I_2})
Примечание. После назначения допусков расположения T_W необходимо дополнительно назначить допуски формы T_F базовых и рассматриваемых элементов в соответствии с фактически введенным новым условием $T_{lim} = T_W$			

Приведем **примеры экспертизы** согласованности рассматриваемых допусков макрогеометрии.

1. Допуск параллельности двух граней призматической детали является лимитирующим допуском для отклонений от прямолинейности и плоскостности этих номинально плоских граней. Рассмотрим, как отклонения от прямолинейности профилей влияет на отклонения от параллельности граней (рисунок 8.2).

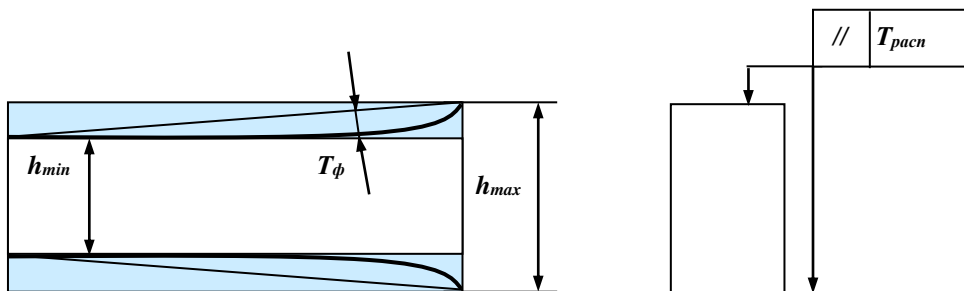


Рисунок 8.2 – Взаимосвязь между допусками формы (прямолинейности, плоскостности) и допусками расположения (параллельности) или размера

Из рисунка 8.2 следует, что обязательно должно соблюдаться условие

$$T_\phi \leq T_{расп} / 2,$$

поскольку при значениях отклонений формы, близких к этим значениям, отклонения от параллельности прилегающих плоскостей практически равны $h_{max} - h_{min}$ что является предельным случаем, вне зависимости от того, назначен ли допуск параллельности или нормирован только допуск размера между номинально плоскими и параллельными гранями. Реальное соотношение, как было показано выше, следует принимать с учетом коэффициента использования лимитирующего допуска k

$$T_F \leq (k T_W) / 2 .$$

2. Допуск соосности двух номинально цилиндрических элементов вала является лимитирующим по отношению к допускам круглости, профиля продольного сечения и цилиндричности, которые фактически не могут быть больше него. На рисунке 8.3 *а* видно, что предельные контуры двух ступеней вала, заданные допусками размеров и соосности, ограничивают любые отклонения расположения и формы ступеней в продольном сечении (реальный профиль годной детали должен вписываться в тонированные поля допусков).

При этом допуски формы и соосности фактически являются зависимыми допусками, поскольку при максимальном отклонении от соосности (рисунок 8.3 *б*) любые отклонения формы становятся недопустимыми (зависимые поля допусков по краям профилей могут «сжаться» до нулевой ширины). При максимальных размерах обеих ступеней вала (рисунок 8.3 *в*) их допустимые отклонения формы и отклонение от соосности не могут быть больше нуля (зависимые поля допусков формы профиля и соосности имеют нулевую ширину).

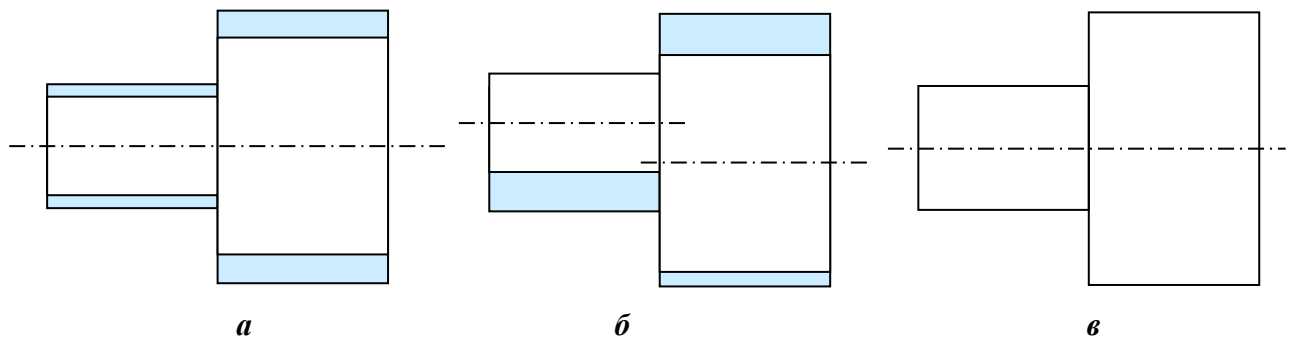


Рисунок 8.3 – Взаимосвязь между допусками формы (профиля продольного сечения и цилиндричности) и отклонениями расположения (соосности) или размеров

Несмотря на то, что на рисунке 8.3 графически представлены только продольные сечения вала, проведенный анализ легко экстраполировать на поперечные сечения номинально цилиндрических ступеней.

Соосность внутренних номинально цилиндрических поверхностей, например отверстий в корпусных деталях, отличается только тем, что вместо номинально нулевых координат в этих случаях положение осей отверстий,

как правило, определяют двумя координатами с отличными от нуля значениями, допуски которых тоже нормированы.

Следует обратить внимание на то, что при нормировании допусков пересечения осей (как и в случаях с допусками соосности отверстий) номинальные размеры между элементами равны нулю, а их фактические значения всегда будут регламентированы координирующими размерами, определяющими положение осей, и их допусками. Конкретное решение этой и остальных возможных задач оценки соотношений между допусками формы и лимитирующими допусками расположения после приведенного анализа не представляет особых трудностей и потому здесь не рассматривается. Желающие могут выполнить анализ самостоятельно.

Соотношения между допусками макрогеометрии и высотными параметрами шероховатости поверхностей

Связь между высотными параметрами шероховатости поверхностей и допусками макрогеометрии формально отсутствует, поскольку в стандарте ГОСТ 24642 – 81 сказано, что шероховатость не входит в погрешности формы. Разные системы отсчета отклонений (от прилегающих элементов для формы поверхностей и от среднего профиля для высотных параметров шероховатости) как будто подтверждают такой подход. Однако в том же стандарте отмечено, что при высотных параметрах шероховатости, **соизмеримых с отклонениями формы**, их необходимо учитывать. Поскольку расстояния между впадинами и выступами микрорельефа в некоторых случаях оказываются большими, чем значения допусков формы, теоретически годные по макрогеометрии детали могут быть забракованы, например, при контроле отклонений формы, что следует рассматривать как неоднозначную ситуацию. Для повышения определенности принимаемых решений следует ограничить высотные параметры шероховатости, увязав их с лимитирующими допусками макрогеометрии поверхностей.

Максимальные значения высотных параметров шероховатости, ограничиваемые такими лимитирующими допусками макрогеометрии, как допуск размера, расположения или формы, должны быть **меньше лимитирующего допуска** примерно в 2...3 раза. Лимитирующий допуск, как правило, ограничивает шероховатость **двух поверхностей** или **двух противоположных элементов** одной поверхности, с высотными параметрами которых дополнительно будут комплексироваться отклонения формы, расположения и размера. Если лимитирующим является допуск формы номинально цилиндрической поверхности, представленное соотношение сохраняется. Как исключение можно рассматривать ситуацию, когда шероховатость **однократно** накладывается на реальные отклонения формы и/или расположения, а параметры шероховатости могут превышать половину лимитирующего допуска (например, если лимитирующими высотные параметры шероховатости являются допуски формы плоской поверхности, торцового или полного торцового биения).

Исходя из предложенного основополагающего правила, следует критично подходить к рекомендациям, представленным в РТМ 2 НЗ1-4-81, в котором соотношения между высотными параметрами шероховатости и допусками размера, формы или расположения поверхностей представлены обезличено. В результате в назначении высотных параметров шероховатости можно ошибиться в два раза. В этом документе «условия» для назначения параметров R_a и R_z оговорены, исходя из допусков размеров и относительной геометрической точности допусков формы или расположения поверхностей. Нормы, приведенные в документе, и фактические соотношения, заданные этими нормами представлены в таблице 8.4.

Анализ данных документа РТМ 2 НЗ1-4-81, сведенных в таблицу 4, подтверждает неудачный выбор подходов к нормированию. Для нормальной, повышенной и высокой относительной геометрической точности допусков формы или расположения заданы соотношения между допуском размера и

параметрами шероховатости. Очевидное неудобство выбранного подхода в том, что он скрывает реальные соотношения между высотными параметрами шероховатости и лимитирующим допуском. Следствие принятого подхода – неоправданное разнообразие не представленных в документе в явном виде фактических множителей в соотношениях (в таблице выделены двойной рамкой). **Формальное** повышение требований якобы вдвое на каждой более высокой ступени (колонки 2 и 3 таблицы) фактически приводит к ужесточению высотных параметров только на 37,5 % на всем диапазоне, что демонстрируют соотношения в колонках 4 и 5 таблицы.

Таблица 8.4 – Рекомендуемые РТМ 2 НЗ1-4–81 соотношения высотных параметров шероховатости и допусков макрогеометрии

Уровни относительной геометрической точности допусков формы или расположения	Соотношения параметров шероховатости поверхностей и допусков макрогеометрии, не более				Примечание
	Ra	Rz	Ra	Rz	
А (нормальная)	0,050 IT	0,20 IT	0,08 T_{lim}	0,33 T_{lim}	–
В (повышенная)	0,025 IT	0,10 IT	0,06 T_{lim}	0,25 T_{lim}	–
С (высокая)	0,012 IT	0,05 IT	0,05 T_{lim}	0,20 T_{lim}	–
«Особо высокая»	–	–	0,15 T_{lim}	0,60 T_{lim}	Выше уровня С
Без указания уровня	–	–	0,10 T_{lim}	0,40 T_{lim}	При заданных допусках биения

Примечания: 1. IT – допуск размера, T_{lim} – лимитирующий допуск формы или расположения.
2. Выделенные двойной рамкой соотношения в РТМ 2 НЗ1-4–81 не представлены.

Поскольку формальное повышение требований к параметрам шероховатости в два раза фактически приводит к их ужесточению на 25 % (от уровня А к уровню В), или менее чем на 20 % (на 16,7 % от уровня В к уровню С), можно утверждать, что принятая в данном документе методика нормирования высотных параметров шероховатости в зависимости от допусков размеров с учетом относительной точности допусков формы и расположения поверхностей является неоправданно усложненной и приводит к избыточному разнообразию рекомендуемых для нормирования соотношений.

В качестве соотношений, приемлемых для нормирования высотных параметров шероховатости поверхностей по лимитирующим значениям допусков макрогеометрии можно предложить для тривиальных случаев

$$Ra \leq 0,10 T_{lim} , \quad (8.1)$$

или, исходя из того, что для традиционных технологических процессов Rz примерно в 4 раза превышает Ra ,

$$Rz \leq 0,40 T_{lim} , \quad (8.2)$$

а для случаев с особо жесткими лимитирующими допусками

$$Ra \leq 0,15 T_{lim} , \quad (8.3)$$

или

$$Rz \leq 0,60 T_{lim} . \quad (8.4)$$

Использование предложенных соотношений (8.1...8.4) существенно упрощает назначение высотных параметров шероховатости поверхностей, поскольку не требует решения каждой из частных задач в избыточно усложненной постановке и обращения к таблицам документа РТМ 2 НЗ1-4-81.

Особым случаем выбора значений высотных параметров шероховатости поверхностей является назначение этих параметров на поверхности, сопрягаемые с подшипниками качения. Рекомендации по выбору норм точности для этих поверхностей приведены в ГОСТ 3325 – 85. Некорректность рекомендаций наблюдается как в предлагаемых значениях допусков формы и биений, так и в значениях Ra , которые не согласованы с лимитирующими допусками макрогеометрии (рекомендуемые значения Ra в ряде случаев значительно превышают возможные согласованные значения).

Некорректность предлагаемых значений допусков формы и биений заключается в том, что они не согласованы со значениями соответствующих допусков по ГОСТ 24643 – 81, устанавливающему значения допусков формы и расположения поверхностей. Так среди рекомендуемых допусков встречаются числовые значения 0,7 мкм; 4,5 мкм; 7,5 мкм; 9 мкм; 11 мкм; 13 мкм;

15 мкм; 21 мкм; 39 мкм, которые получены на основе формальных расчетов и не соответствуют стандартным значениям в ГОСТ 24643 – 81.

Функциональная метрологическая экспертиза обеспечивает положительный результат и считается успешно завершенной только в том случае, если все экспертируемые параметры объекта стали контролепригодными. Если в ходе экспертизы обнаружены неконтролепригодные параметры, появляется необходимость либо корректировки параметров объекта (его перепроектирования), либо разработки новых средств измерений или методик выполнения измерений.

9. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ, РЕГЛАМЕНТИРУЮЩИХ МЕТРОЛОГИЧЕСКУЮ ЭКСПЕРТИЗУ

Метрологическая экспертиза – анализ и оценивание экспертами-метрологами правильности применения метрологических требований, правил и норм, в первую очередь связанных с единством и точностью измерений. Определение этого термина приведено в документе РМГ 29 – 99 вместе с примечанием: *«Различают метрологическую экспертизу документации (технических заданий, проектов, конструкторских и технологических документов, различных программ) и метрологическую экспертизу объектов (например, макетов сложных средств измерений, испытательных бассейнов)».*

Анализ (см. «Введение») показывает, что фактическими объектами метрологической экспертизы (МЭ) являются изделия и технологические процессы (процессы изготовления изделий, оказания услуг, выполнения метрологических мероприятий, проведения экспериментальных исследований и др.), а документация – только форма представления объектов на экспертизу.

На современном этапе требования к метрологической экспертизе устанавливает документ РМГ 63–2003 «Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Государственная система обеспечения единства измерений. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Метрологическая экспертиза технической документации».

В разделе «Область применения» РМГ 63 сказано, что *«рекомендации определяют цели, задачи, порядок организации метрологической экспертизы технической документации, основные виды технических документов, подвергаемых метрологической экспертизе, порядок оформления и реализации результатов метрологической экспертизы технической документации»*, что не совсем соответствует последующему содержанию документа.

Общими положениями документа установлено, что *метрологическая экспертиза является частью комплекса работ по метрологическому обеспечению и может являться частью технической экспертизы конструкторской, технологической и проектной документации*. С этим можно согласиться, если пренебречь некорректностью формулировки объектов экспертизы.

Основная цель метрологической экспертизы – достижение эффективности метрологического обеспечения, выполнение общих и конкретных требований к метрологическому обеспечению наиболее рациональными методами и средствами.

В этом определении упор сделан на эффективность и даже оптимизацию метрологического обеспечения, что совершенно некорректно. Хотя результаты метрологической экспертизы могут быть использованы для организации метрологического обеспечения, экспертиза и метрологическое обеспечение – два разных вида работ. Метрологическое обеспечение – понятие значительно более широкое, по необходимости включающее в себя метрологическую экспертизу множества объектов (изделий, технологических процессов, процессов измерительного контроля, поверки средств измерений и др.).

Конкретные цели метрологической экспертизы определяются назначением и содержанием технической документации (например, конкретная цель метрологической экспертизы чертежей простейших деталей – обеспечение достоверности измерительного контроля с оптимальными значениями вероятностей брака контроля 1-го и 2-го рода).

Конкретные цели метрологической экспертизы определяет эксперт, а не экспертируемый документ. Предложенная цель «*обеспечение достоверности измерительного контроля с оптимальными значениями вероятностей брака контроля 1-го и 2-го рода*» представляет собой частную задачу, для решения которой по каждому контролируемому параметру необходимо знать ширину поля его практического рассеяния (данные реального технологиче-

ского процесса) и характеристики погрешности измерительного контроля. В конструкторской документации эта информация отсутствует.

Фактические цели метрологической экспертизы при формальном подходе – анализ контролепригодности параметров исследуемого объекта, а при функциональной метрологической экспертизе дополнительно к этому – оптимизация точностных требований к параметрам исследуемого объекта.

Частично это подтверждается следующим положением действующего НД: *«При метрологической экспертизе выявляют **ошибочные или недостаточно обоснованные решения**, вырабатывают рекомендации по конкретным вопросам метрологического обеспечения».*

РМГ 63 разрешает не проводить экспертизу, если в процессе разработки объекта осуществлялась *метрологическая проработка* силами привлекаемых специалистов метрологической службы. Определение метрологической проработки в этом документе отсутствует, но из контекста следует, что под ней понимают проведение метрологической экспертизы в ходе проектирования объекта с последующим устранением выявленных ошибок.

В соответствии с РМГ 63 *«Метрологическая экспертиза включает в себя метрологический контроль технической документации. Метрологический контроль осуществляют путем проверки технической документации на соответствие конкретным метрологическим требованиям, установленным в стандартах и других нормативных документах (например, проверка на соответствие ГОСТ 8.417 наименований и обозначений указанных в технической документации единиц величин или проверка на соответствие РМГ 29 использованных метрологических терминов».*

Из приведенных примеров ясно, что под метрологическим контролем здесь подразумевают нормоконтроль документов на предмет соответствия их требованиям ГСИ. Подтверждением этого является следующее положение документа: *«Решения экспертов по результатам метрологического контроля имеют обязательный характер».*

В организацию метрологической экспертизы на предприятии РМГ 63 предлагает включать следующие мероприятия:

- *назначение подразделения, специалисты которого проводят метрологическую экспертизу;*
- *разработку документа, устанавливающего порядок проведения метрологической экспертизы на конкретном предприятии;*
- *планирование метрологической экспертизы;*
- *назначение экспертов;*
- *подготовку и повышение квалификации экспертов;*
- *формирование комплекса документов, справочных материалов, необходимых при проведении метрологической экспертизы.*

Рассмотрим эти мероприятия и их рекомендуемое содержание.

Очевидно, что подразделением, отвечающим за проведение метрологической экспертизы, является метрологическая служба предприятия. Конкретные экспертизы могут проводить эксперты-метрологи, работающие в иных подразделениях, что разрешается пунктом 4.2 документа. Однако даже в этих случаях методическое руководство экспертизой осуществляет метрологическая служба предприятия, как наиболее компетентная в данных вопросах. Эта же служба курирует работу экспертов, привлекаемых «со стороны».

Документ, определяющий проведение метрологической экспертизы на предприятии, должен устанавливать:

- *номенклатуру продукции (виды объектов), техническую документацию на которую подвергают метрологической экспертизе;*
- *конкретные виды технических документов и этапы их разработки, на которых эти документы подвергают метрологической экспертизе, а также порядок представления технической документации на метрологическую экспертизу;*
- *подразделения или лиц, проводящих метрологическую экспертизу;*

- *порядок рассмотрения разногласий, возникающих при проведении метрологической экспертизы;*
- *порядок оформления результатов метрологической экспертизы;*
- *права и обязанности экспертов;*
- *планирование метрологической экспертизы;*
- *порядок проведения внеплановой метрологической экспертизы.*

В перечень экспертируемых объектов в первую очередь включают продукцию, требования к которой имеют обязательный характер.

Конкретные виды технических документов и этапы их разработки, на которых эти документы подвергаются метрологической экспертизе, определены в соответствующем разделе РМГ 63 (6 Основные виды технических документов, подвергаемых метрологической экспертизе). Их следует включать в стандарт организации в первую очередь.

К проведению метрологической экспертизы допускают специалистов, которые:

- *четко представляют свои функции и не заменяют конструктора, технолога, проектировщика при разработке технической документации, ответственность за качество которой несет исключительно разработчик;*
- *несут ответственность за правильность и объективность заключений по результатам метрологической экспертизы;*
- *хорошо представляют задачи метрологической экспертизы, обладают навыками их решения, умеют выделить приоритетные вопросы при рассмотрении конкретных документов;*
- *хорошо представляют содержание конструкторских и технологических документов различных видов на конкретную продукцию, состав и содержание проектной документации (особенно в части требований к точности измерений, методикам контроля и испытаний продукции и ее составных частей, применяемым средствам измерений);*

- хорошо знают основные метрологические правила, ориентируются в метрологических документах, относящихся к разрабатываемым объектам;
- систематически повышают квалификацию.

Этим перечнем в данном документе практически ограничены упоминания о «подготовке и повышении квалификации экспертов».

Фактически в двух первых пунктах перечисления определена ответственность эксперта за результаты порученной ему работы. Эти же положения дублируются в разделе 7 (*Порядок оформления и реализации результатов метрологической экспертизы документа*), где сказано:

Ответственность за качество технической документации возлагают на разработчика, который принимает решения по замечаниям эксперта. В случаях существенных разногласий между экспертом и разработчиком окончательное решение принимает технический руководитель предприятия.

Эксперт несет ответственность только за правильность сделанных замечаний и предложений.

Здесь же определен порядок рассмотрения разногласий, возникающих при проведении метрологической экспертизы.

Об оформлении результатов метрологической экспертизы в том же разделе документа сказано, что есть две основные формы фиксации результатов: замечания эксперта в виде пометок на полях документа и экспертное заключение. Что касается порядка оформления результатов экспертизы, документ ограничивается положением о том, что после учета замечаний разработчиком эксперт визирует оригиналы или подлинники документов. В чем заключается «учет замечаний» не уточняется.

Права и обязанности экспертов РМГ 63 специально не выделяет, хотя о некоторых из них косвенно сказано при определении ответственности эксперта.

В документе рассмотрены вопросы планирования метрологической экспертизы. Предлагаются две формы планирования экспертизы:

- указание метрологической экспертизы (как этапа) в планах разработки, постановки на производство, технологической подготовки и т.п. планах;

- самостоятельный план метрологической экспертизы либо соответствующий раздел в плане работ по метрологическому обеспечению.

В плане (разделе) указывают:

- обозначение и наименование документа (комплекта документов), его вид (оригинал, подлинник, копия и т. п.);

- этап разработки документа;

- подразделение-разработчика документа и сроки представления на метрологическую экспертизу (если документ разработан сторонней организацией, то указывают подразделение, отвечающее за представление документа на экспертизу);

- подразделение, проводящее метрологическую экспертизу, и сроки ее проведения.

Далее сказано, что самостоятельный план метрологической экспертизы составляет метрологическая служба, его согласовывает разработчик технической документации и утверждает технический руководитель или главный инженер предприятия.

О проведении внеплановой метрологической экспертизы в документе не сказано практически ничего, кроме ее единственного упоминания.

В пункте 4.2 «Типичные формы организации метрологической экспертизы» сказано, что экспертиза проводится:

- силами экспертов-метрологов метрологической службы предприятия (эта форма организации метрологической экспертизы предпочтительна при сравнительно небольших объемах разрабатываемой технической документации);

- силами специально подготовленных экспертов из числа разработчиков документации в конструкторских, технологических, проектных и других

подразделениях предприятия (эта форма предпочтительна при больших объемах разрабатываемой технической документации);

- силами специально создаваемой комиссии либо группы специалистов при приемке технических (эскизных, рабочих) проектов сложных изделий или технологических объектов, систем управления, а также на других этапах разработки технической документации;

- силами группы или отдельных специалистов, привлекаемых к проведению метрологической экспертизы по договору.

Отдельно оговорены вопросы метрологической экспертизы проектов стандартов.

Организацию метрологической экспертизы проектов стандартов возлагают на технические комитеты или национальные метрологические институты (далее — НМИ). Проекты стандартов и других документов Государственной системы обеспечения единства измерений (далее — ГСИ), разрабатываемые НМИ, метрологической экспертизе не подлежат.

Информация в отношении формирования комплекса документов, справочных материалов, необходимых при проведении метрологической экспертизы и форм их применения, приведена в разделе 4.

Комплекс документов и справочных материалов, необходимых при проведении метрологической экспертизы, включает в себя основополагающие стандарты ГСИ, стандарты ГСИ и других систем, относящиеся к разрабатываемой технической документации (в том числе стандарты на методы контроля и испытаний), а также справочные материалы, относящиеся к разрабатываемой продукции (объектам), каталоги и другие информационные материалы на средства измерений, которые могут быть использованы при разработке, производстве и применении продукции (объектов разработки).

В целях повышения эффективности метрологической экспертизы целесообразно применение вычислительной техники.

К числу наиболее эффективных средств для персональных ЭВМ относятся:

а) автоматизированные базы данных:

- о технических характеристиках средств измерений, прошедших испытания с целью утверждения типа и допущенных к обращению,

- о поверочных и ремонтных работах, проводимых метрологическими службами,

- о нормативных, технических и справочных документах в области метрологии,

- об эталонах, установках высшей точности и поверочных установках;

б) электронные каталоги выпускаемых приборов;

в) автоматизированные системы расчета погрешности измерений, включающие в себя базы данных о всех метрологических характеристиках средств измерений широко применяемых типов. В таких системах помимо результатов расчета суммарной погрешности измерений могут быть выданы значения составляющих погрешности, что позволяет принять рациональные решения при выборе средств измерений и условий их эксплуатации, получить объективные оценки по этим вопросам;

г) автоматизированные системы оценки технического уровня средств измерений. Эти системы способствуют рациональному решению вопросов при разработке средств измерений о необходимости таких разработок.

Некоторая некорректность изложения не мешает понять главное – применяемые при метрологической экспертизе информационные источники включают нормативную документацию и прочие источники.

Поскольку эксперт несет ответственность за правильность заключения, он также отвечает за достоверность информации, которая не прошла официальное апробирование. Квалификация эксперта должна быть достаточно высокой для корректной оценки достоверности информации. При использова-

нии информационных источников, подготовленных метрологическим подразделением предприятия, за достоверность приведенной в них информации отвечает руководство соответствующего подразделения, которое должно организовать их апробацию.

В разделе 5 РМГ 63 сказано, что *основными задачами метрологической экспертизы технической документации являются:*

- *идентификация объекта измерений и его параметров, подлежащих измерениям;*
- *определение оптимальной точности измерений;*
- *рациональный выбор средств и методик выполнения измерений.*

Далее в том же разделе написано:

Конкретные объекты анализа при метрологической экспертизе – задачи метрологической экспертизы и способы решения этих задач приведены в 5.2 – 5.10.

Любому эксперту ясно, что *объекты анализа при метрологической экспертизе* есть только **часть** условия задачи метрологической экспертизы. Корректно сформулировать задачи экспертизы должен эксперт. При этом постановка комплекса задач должна обеспечивать достижение цели экспертизы. В свою очередь цель экспертизы должна отвечать требованиям заказчика и возможностям исполнителей.

Задачи метрологической экспертизы сформулированы следующим образом:

- *оценивание рациональности номенклатуры измеряемых параметров;*
- *оценивание оптимальности требований к точности измерений;*
- *оценивание полноты и правильности требований к точности средств измерений;*
- *оценивание соответствия действительной точности измерений заданным требованиям;*
- *оценивание контролепригодности конструкции изделия (измеритель-*

ной системы);

- *оценивание возможности эффективного метрологического обслуживания выбранных средств измерений;*
- *оценивание рациональности выбранных средств измерений и методик выполнения измерений;*
- *анализ использования вычислительной техники в измерительных операциях;*
- *контроль метрологических терминов, наименований измеряемых величин и обозначений их единиц.*

Каждая из поставленных в НД задач далее расшифровывается и уточняется, причем далеко не все пояснения в документе можно считать удовлетворительными. Рассмотрим некоторые из пояснений более подробно.

Оценивание рациональности номенклатуры измеряемых параметров описано в документе следующим образом.

Например, в стандарте на конкретную продукцию установлены характеристики продукции, а в разделе методов контроля указаны контролируемые параметры. Если таких исходных требований нет, то эксперт при анализе номенклатуры контролируемых параметров руководствуется следующими общими положениями:

- *контролируемыми параметрами деталей, узлов и составных частей изделий являются параметры, обеспечивающие их размерную и функциональную взаимозаменяемость;*
- *для готовой продукции (в случае отсутствия требований к контролю в соответствующих нормативных или других исходных документах) обеспечен контроль основных характеристик, определяющих качество продукции, а в непрерывных производствах также количество продукции;*
- *для технологического оборудования, систем контроля и управления технологическими процессами выполнимы измерения параметров, определя-*

ющих безопасность, оптимальность режима по производительности и экономичности, экологическую защиту от выбросов вредных веществ.

Комментарии:

1. Если в исходных документах на конкретную продукцию отсутствуют требования к ее основным характеристикам, определяющим качество продукции, документы явно негодные и эксперты должны требовать их переработки.

2. Для изделий (деталей, сборочных единиц) функциональная взаимозаменяемость включает и геометрическую («размерную») взаимозаменяемость. Функциональная взаимозаменяемость есть система проектирования изделий, обеспечивающая заданный уровень качества серийно выпускаемой продукции. Количество продукции к метрологической экспертизе непосредственно отношения не имеет.

3. Для технологического оборудования, систем контроля и управления технологическими процессами необходимо, прежде всего, осуществлять измерения параметров, определяющих точность их работы, и только в случае удовлетворительных результатов – *«безопасность, оптимальность режимов по производительности и экономичности, экологическую защиту от выбросов вредных веществ»*. Кроме того, оптимальная производительность может не совпадать с экономичными режимами, а «защита от выбросов вредных веществ» как раз и есть экологическая задача.

При анализе параметров, подлежащих измерениям и измерительному контролю, принимают во внимание следующие соображения.

Многие технические характеристики деталей, узлов, составных частей изделий определены предыдущими этапами технологических процессов, оборудованием, инструментом. Так, размеры штампованных деталей определены инструментом, поэтому их штучный контроль нерационален.

Комментарий. Выбор сплошного («штучного») или выборочного контроля не входит в задачи метрологической экспертизы.

Принимают также во внимание взаимосвязь параметров в технологическом процессе. Такую взаимосвязь используют с целью сократить число измеряемых параметров, не относящихся к наиболее важным. Для наиболее важных параметров эту взаимосвязь используют в целях повышения точности измерений и надежности измерительных систем (по аналогии с дублированием измерительных каналов).

Комментарий. Сокращение числа измеряемых параметров не имеет непосредственного отношения к взаимосвязи параметров в технологическом процессе, кроме того, эту связь нельзя использовать «в целях повышения точности измерений и надежности измерительных систем».

В п. 5.2.3 неудачно объединены два не связанных друг с другом положения: *«При анализе номенклатуры измеряемых параметров обращают внимание на четкость указаний об измеряемой величине. Неопределенность трактовки подлежащей измерению величины может привести к большим неучтенным погрешностям измерений. Выявляют также избыточность измеряемых параметров, которая может привести к неоправданным затратам на измерения и метрологическое обслуживание средств измерений».*

Комментарии:

1. Под «указаниями об измеряемой величине», «неопределенностью трактовки», по-видимому, подразумевается возможность некорректной идеализации объекта измерений, что действительно «может привести к большим неучтенным погрешностям измерений» (методическим).

2. «Избыточность измеряемых параметров» может возникнуть только при ошибках эксперта, который обязан выбрать для измерительного контроля необходимый минимум. Приведенные далее примеры «оценивания рациональности» имеют искусственный характер и вызывают сомнения в квалификации авторов документа.

Примеры оценивания рациональности измеряемых параметров

1 Измерения линейных размеров при контроле детали (рисунок 1)

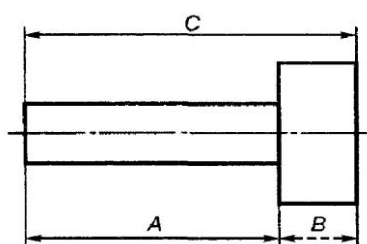


Рисунок 1

При измерениях размеров A и B размер C допускается не измерять. Измерения размера C оправданы при необходимости контроля правильности измерений размеров A и B .

Комментарий. Складывается впечатление, что разработчики документа не имеют представления о расчетах размерных цепей и требованиях ЕСКД к представлению размерных цепей на чертежах.

2 Измерения расхода газа на предприятии (рисунок 2)

При измерениях расходов газа всеми потребителями на предприятии (расходы Q_1 , Q_2 , Q_3) измерения общего расхода Q_0 допускается не проводить. Его определяют суммой $Q_1 + Q_2 + Q_3$. Если расходомеры одинакового класса точности, то эта сумма расходов более точна, чем результаты измерений общего расхода Q_0 на входе предприятия.

Общий расход газа, поступающего на предприятие, может быть определен путем вычисления полусуммы $0,5(Q_0 + Q_1 + Q_2 + Q_3)$. Этот результат более точен по сравнению с результатом измерений Q_0 на входе предприятия или суммы $Q_1 + Q_2 + Q_3$.

Комментарий. «Более высокая точность» при вычислении предложенной полусуммы декларируется без объяснений.

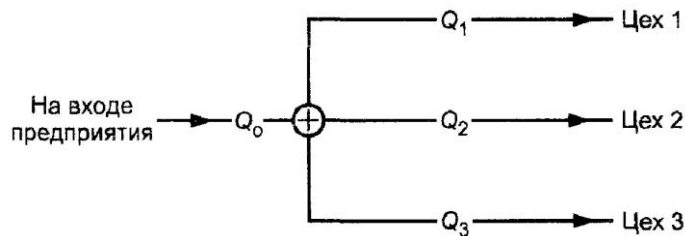


Рисунок 2

В п. 5.2.4 сказано: «В некоторых случаях в исходных нормативных или других документах показано использование средств измерений и измерительных каналов в автоматизированных системах управления технологическими процессами (далее — АСУТП) для целей фиксации состояния процесса или технологического оборудования (наличие или отсутствие напряжения питания, давления в питающей сети и т. п.). Средства измерений в этих случаях служат индикаторами и могут быть заменены соответствующими сигнализаторами или подобными устройствами, а измерения таких параметров допускается не проводить».

Комментарий. Предложение о «замене средств измерений соответствующими сигнализаторами» бессмысленно, поскольку «сигнализаторы» фактически должны быть индикаторами, которые являются специфической разновидностью средств измерений.

Весьма сомнительна возможность назначения оптимальной в экономическом смысле погрешности измерений по п. 5.3 «Оценивание оптимальности требований к точности измерений», поскольку приведенные в НД зависимости, связывающие значение оптимальной погрешности измерений $\delta_{\text{опт}}$ с потерями Π и затратами \mathcal{Z} и не имеющие корректных обоснований, вызывают большие сомнения. Там же сказано, что точное значение $\delta_{\text{опт}}$ найти практически невозможно, так как обычно потери Π и затраты \mathcal{Z} могут быть определены лишь весьма приближенно. Приведенная далее без комментариев цитата —

образец туманных рассуждений, не опирающихся на результаты научно-технического анализа.

5.3.1 Если в исходных документах (технических заданиях, стандартах и т. п.) не заданы требования к точности измерений, то эксперт руководствуется следующими положениями.

Погрешность измерений, как правило, является источником неблагоприятных последствий (экономических потерь, повышения вероятности травматизма, загрязнения окружающей среды и т. п.). Повышение точности измерений снижает размеры таких неблагоприятных последствий. Однако уменьшение погрешности измерений связано с существенными дополнительными затратами.

В первом приближении принимают, что потери пропорциональны квадрату погрешности измерений, а затраты на измерения обратно пропорциональны погрешности измерений.

Оптимальной в экономическом смысле считают погрешность измерений, при которой сумма потерь от погрешности и затрат на измерения минимальна. Оптимальную погрешность во многих случаях выражают зависимостью

$$\delta_{\text{опт}} = 0,8 \delta \sqrt[3]{\frac{3}{\Pi}}, \quad (1)$$

где $\delta_{\text{опт}}$ — граница оптимальной относительной погрешности измерений;

δ — граница относительной погрешности измерений, для которой известны потери Π и затраты на измерения Z .

Так как обычно потери Π и затраты Z могут быть определены лишь приближенно, то точное значение $\delta_{\text{опт}}$ найти практически невозможно. Поэтому погрешность считают практически близкой к оптимальной, если выполнено условие

$$0,5 \delta_{\text{опт}}^* < \delta < (1,5 - 2,5) \delta_{\text{опт}}^*, \quad (2)$$

где $\delta_{\text{опт}}^*$ — приближенное значение границы оптимальной относительной погрешности измерений, вычисленное по приближенным значениям Π и Z .

Таким образом, при решении вопроса об оптимальности требований к точности измерений разработчик и эксперт должны иметь **хотя бы ориентировочное представление** о размерах возможных потерь из-за погрешности измерений и о затратах на измерения с данной погрешностью.

Последующий текст документа не выдерживает стандартизационной (в частности терминологической) и метрологической экспертизы.

5.3.2 При анализе требований к точности измерений наиболее важных параметров крупных технологических установок или других объектов, где погрешность измерений может приводить к значительным экономическим потерям, целесообразно руководствоваться положениями РМГ 64.

5.3.3 Предел допускаемой погрешности измерений, не приводящей к заметным потерям или другим неблагоприятным последствиям, может составлять 0,2—0,3 границы симметричного допуска на измеряемый важный параметр; для параметров, не относящихся к наиболее важным, — 0,5. При несимметричных границах допуска или одностороннем допуске может быть использовано то же значение (0,5) для соотношения пределов допускаемых значений погрешности измерений и размера поля допуска.

Комментарий. Здесь, по-видимому, подразумевается соотношение допускаемой погрешности измерений δ и допуска контролируемого параметра T , которое в метрологии традиционно принимается как

$$\delta \leq (0,2 - 0,3) T.$$

Принципиальные ошибки содержит п. 5.4 «Оценивание полноты и правильности требований к точности средств измерений». В нем, в частности, сказано:

«Погрешность прямых измерений параметра практически равна погрешности средств измерений в рабочих условиях.»

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

Комментарий. Некорректный подход – эксперта в первую очередь интересуют погрешности измерений, которые **не идентичны** таким их составляющим, как погрешности средств измерений. При оценивании погрешностей измерений кроме инструментальной составляющей и погрешностей из-за воздействия влияющих величин следует **всегда** анализировать методические составляющие и субъективные погрешности.

В 5.4.2 невразумительно сказано *«Погрешность измерений средних значений (по n точкам измерений) практически в \sqrt{n} раз меньше погрешности измерений в одной точке. Погрешность измерений средних значений (в одной точке) за некоторый интервал времени также меньше погрешности измерений текущих значений благодаря фильтрации высокочастотных случайных составляющих погрешности средств измерений».*

Комментарий. Усреднение результатов измерений, полученных в n точках объекта измерений, увеличивает неопределенность информации, поскольку на погрешность измерений может накладываться рассеяние номинально одинаковых параметров объекта измерений. При измерении с многократными наблюдениями в соответствии со стандартом ГОСТ 8.207 можно рассчитать среднее квадратическое отклонение результата измерения, значение которого в \sqrt{n} раз меньше соответствующей оценки погрешности наблюдений. Переход к иной оценке не повышает точность измерений, как изменение единиц при написании физической величины не может увеличить или уменьшить ее значение.

Как весьма неудачный можно оценить и следующий отрывок рассматриваемого документа.

«При анализе учитывают четыре группы факторов, влияющих на погрешность измерений:

- метрологические характеристики средств измерений;
- условия измерений (внешние влияющие величины);
- процедуры подготовки и выполнения измерительных операций, алгоритм обработки результатов наблюдений;
- свойства объекта измерений (адекватность измеряемой величины определяемой характеристике объекта, обмен энергией между объектом и средством измерений и т.п.)».

Комментарий. Приведенная классификация несостоятельна из-за неполноты (отсутствует субъект), а два последних «фактора» могут являться причинами возникновения методических составляющих погрешности. Классификация погрешностей измерений по источникам возникновения, приведенная в РМГ 29 – 99 включает погрешности средства измерений, погрешности из-за воздействия влияющих величин, методические составляющие погрешности и субъективные погрешности.

Содержание п.5.6, который назван «*Оценивание контролепригодности конструкции изделия (измерительной системы)*», не вполне удачно, а также частично не соответствует его наименованию.

«Под контролепригодностью конструкции изделия (измерительной системы) понимают возможность контроля необходимых параметров в процессе изготовления, испытаний, эксплуатации и ремонта изделий. При метрологической экспертизе основное внимание уделяют анализу практических возможностей измерительного контроля необходимых параметров, определяющих работоспособность изделия в указанных условиях. Обращают внимание на точность таких измерений, особенно в условиях эксплуатации и ремонта».

Комментарий. Попытка определения контролепригодности привела к тавтологии (контролепригодность – возможность контроля), причем из определения исключены любые объекты, кроме изделий. Если речь идет о контролепригодности параметров, то в число объектов должны быть включены

также технологические процессы. Упоминание стадий жизненного цикла объекта неудачно – контроль в процессе эксплуатации не может быть идентичным контролю в процессах изготовления, испытаний и ремонта изделий, поскольку каждый из процессов имеет специфические особенности.

Удовлетворительная точность измерительного контроля является обязательным условием и должна быть обеспечена в любом случае.

«При метрологической экспертизе документации измерительной системы оценивают эффективность устройств и подсистем самоконтроля, в том числе подсистем контроля достоверности измерительной информации, поступающей от датчиков».

Комментарий. Оценка «эффективности устройств и подсистем» выходит за рамки оценки контролепригодности параметров.

В соответствии с п. 5.7 «Оценивание возможности эффективного метрологического обслуживания выбранных средств измерений» в РМГ 63 намечаются работы, которые выходят за рамки метрологической экспертизы исследуемых объектов, хотя они непосредственно относятся к его метрологическому обслуживанию.

О содержании п. 5.8 «Оценивание рациональности выбранных средств измерений и методик выполнения измерений» можно судить по приведенным в документе примерам.

Примеры оценивания рациональности выбранных средств измерений

1 Измерения длины детали с заданной погрешностью измерений не более 25 мкм

Для этих условий могут быть использованы следующие средства измерений:

- гладкий микрометр с отсчетом 0,01 мм при настройке на нуль по установочной мере;*
- индикаторная скоба с ценой деления 0,01 мм;*
- индикатор часового типа с ценой деления 0,01 мм класса точности 1.*

Наиболее простое средство измерений — микрометр. Однако при больших партиях контролируемых деталей применение индикатора предпочтительнее, так как при этом обеспечена меньшая трудоемкость измерений.

Комментарии. 1. Фактически оценивается рациональность методик выполнения измерений, которые в значительной мере, но не полностью обусловлены выбором средств измерений.

2. Не указано номинальное значение измеряемого параметра, что в значительной степени обесценивает данный пример. Термин «отсчет» нестандартный. Почему микрометр «*наиболее простое средство измерений*» непонятно.

2 Измерения абсолютного давления насыщенного пара в конденсаторе турбины

Указанный параметр является одним из наиболее важных для управления турбиной и функционирования АСУТП.

Измерения этого параметра выполняют с помощью измерительного канала, в котором могут быть применены датчики следующих типов:

- термометр сопротивления (используют функциональную связь абсолютного давления насыщенного пара с температурой);*
- датчик избыточного давления (например, типа Сапфир-22ДИ) и барометр (для периодического ввода значений давления воздуха, окружающего датчик);*
- датчик абсолютного давления (например, типа Сапфир-22ДА).*

Измерения температуры в точке установки термометра сопротивления выполняют с достаточной точностью. Инструментальная погрешность данного измерительного канала меньше инструментальных погрешностей измерительных каналов с датчиками других типов. Однако из-за неравномерности температурного поля в конденсаторе турбины измерения

абсолютного давления пара этим способом сопровождаются существенной методической составляющей погрешности.

При измерениях с помощью датчика избыточного давления также имеет место методическая составляющая погрешности из-за неравномерности поля давления в конденсаторе турбины (хотя эта неравномерность значительно меньше неравномерности поля температуры). Кроме того, имеет место методическая составляющая погрешности из-за дискретного ввода значений атмосферного давления воздуха.

При использовании датчика абсолютного давления методические погрешности значительно меньше и точность измерений наибольшая. Затраты на измерения, включая затраты на метрологическое обслуживание средств измерений, с помощью измерительного канала с датчиком абсолютного давления мало отличаются от затрат при других вариантах измерительных каналов. Поэтому применение датчика абсолютного давления предпочтительно.

Комментарий. Из-за некорректной терминологии не описаны различия между методиками выполнения измерений, часть из которых основана на косвенных измерениях, а другие – на прямых измерениях. При анализе погрешностей это имеет принципиальное значение.

Изложение п. 5.9 РМГ 63 «Анализ использования вычислительной техники в измерительных операциях» стилистически не соответствует требованиям к нормативным документам.

«Средства вычислительной техники часто встраивают в измерительные системы (измерительные каналы АСУТП обычно в своем составе содержат те или иные компоненты ЭВМ). В таких случаях в объекты анализа при метрологической экспертизе включают алгоритм вычислений.

Часто алгоритм вычислений не в полной мере соответствует функции, связывающей измеряемую величину с результатами прямых измерений (со значениями величины на входе средств измерений). Обычно это несоот-

ветствие обусловлено возможностями вычислительной техники и вынужденными упрощениями алгоритма вычислений (линеаризацией функций, их дискретным представлением и т.п.). Задача эксперта – оценить существенность методической составляющей погрешности измерений из-за несовершенства алгоритма».

Полезная информация о необходимости *«оценить существенность методической составляющей погрешности измерений из-за несовершенства алгоритма»* отличается неполнотой. Если средство измерений включает собственный процессор («компоненты ЭВМ») или автономный компьютер, то для оценки методической составляющей погрешности измерений следует учитывать все элементы некорректной идеализации измерительного преобразования (приближенные расчетные зависимости, принятые аппроксимации, упрощенные алгоритмы вычислений, округление промежуточных результатов и др.)

В п. 5.10 *«Контроль метрологических терминов, наименований измеряемых величин и обозначений их единиц»* как и в п. 3.9 стиль изложения не соответствует стилю нормативной документации. Например, в п. 5.10.2 сказано *«Наименования измеряемых величин могут быть самыми различными. Однако в техническую документацию всегда включены сведения, позволяющие судить о величине, измерения которой выполняют с помощью средств измерений, относящихся к определенной поверочной схеме. Это необходимо для объективной оценки выбранных методов и средств измерений, возможности их метрологического обслуживания».*

Кроме того, контроль терминов, наименований измеряемых величин и обозначений их единиц является одной из работ, выполняемых при нормоконтроле документации, а не в ходе метрологической экспертизы.

В разделе 6 *«Основные виды технических документов, подвергаемых метрологической экспертизе»* указаны основные виды технических документов, подвергаемых метрологической экспертизе на соответствующий

объект анализа – конкретную задачу метрологической экспертизы. Эти документы отмечены знаком «+» в таблице 1.

Таблица 1

Объект анализа при метрологической экспертизе	Вид технических документов								
	1 ¹⁾	2 ²⁾	3 ³⁾	4 ⁴⁾	5 ⁵⁾	6 ⁶⁾	7 ⁷⁾	8 ⁸⁾	9 ⁹⁾
Рациональность номенклатуры измеряемых параметров		+		+	+	+	+	+	+
Оптимальность требований к точности измерений	+	+		+		+	+		+
Объективность и полнота требований к точности средств измерений	+	+		+	+	+	+		+
Соответствие фактической точности измерений требуемой		+	+	+	+	+	+	+	
Контролепригодность конструкции (системы)		+			+				+
Возможность эффективного метрологического обслуживания средств измерений	+	+		+	+		+		+
Рациональность выбранных методов и средств измерений		+	+	+	+	+	+	+	+
Применение вычислительной техники		+		+		+	+		+
Метрологические термины, наименования измеряемых величин и обозначения их единиц	+	+	+	+	+	+	+	+	+
¹⁾ 1 — технические задания (предложения), заявки. ²⁾ 2 — отчеты о научно-исследовательской работе, пояснительные записки к техническим (эскизным) проектам. ³⁾ 3 — протоколы испытаний. ⁴⁾ 4 — технические условия, стандарты. ⁵⁾ 5 — эксплуатационные и ремонтные документы. ⁶⁾ 6 — программы и методики испытаний. ⁷⁾ 7 — технологические инструкции (регламенты). ⁸⁾ 8 — технологические карты. ⁹⁾ 9 — проектные документы.									

В документах, устанавливающих порядок проведения метрологической экспертизы на конкретных предприятиях, могут быть указаны другие виды документов.

В технической документации всех видов проверяют правильность метрологических терминов, обозначения единиц величин.

Комментарии. 1. Эта таблица в концентрированном виде содержит такие планируемые виды работ («задачи метрологической экспертизы»), из-за которых документ является **в принципе невыполнимым**. Например, задача

анализа *«оптимальности требований к точности измерений»* не может быть решена при экспертизе таких объектов, как:

- технические задания (предложения), заявки (информации для этого на данной стадии разработки явно недостаточно);
- стандарты (имеет смысл только для документов, включающих методы испытаний, аппаратного контроля и т.п.);
- «проектные документы» (неоднозначная формулировка, не дающая четкого представления об объекте экспертизы). В документах технического проекта изделия, например, чертеже общего вида информации для оценки *«оптимальности требований к точности измерений»* просто нет.

Аналогичным образом можно проанализировать и иные задачи экспертизы и документы, внесенные в таблицу.

2. Включенные в перечень *«отчеты о научно-исследовательской работе, пояснительные записки к техническим (эскизным) проектам»* несовместимы по содержанию. Если научные исследования, включающие измерения физических величин, дают достаточно информации для метрологической экспертизы, то пояснительные записки к проектам могут не содержать методик выполнения измерений, а следовательно, информации для экспертизы).

Такие же претензии можно предъявить и к остальным *«задачам метрологической экспертизы»*. Оставляем читателю возможность самостоятельного анализа этих объектов.

В последующих частях того же раздела задачи экспертизы для соответствующих видов технической документации приведены в более подробной форме с расшифровкой.

Технические задания (предложения), заявки на разработку

В технических заданиях (далее — ТЗ) при метрологической экспертизе анализируют исходные данные для решения вопросов метрологического

обеспечения в процессе разработки конструкции, технологии, систем управления и других объектов, для которых составлены ТЗ.

При этом учитывают, что, с одной стороны, нерационально приводить в ТЗ развернутые указания и требования к метрологическому обеспечению разрабатываемого объекта. Это может существенно ограничивать разработчика в выборе рациональных методов и средств метрологического обеспечения в процессе разработки.

С другой стороны, в ТЗ должны быть такие исходные данные, которые позволяли бы на ранних стадиях разработки решать вопросы метрологического обеспечения, не откладывая их на конечные стадии, когда не остается времени и средств на существенные метрологические проработки.

Следует найти разумный компромисс в этих противоречивых требованиях.

Если в ТЗ указаны номенклатура измеряемых параметров и требования к точности их измерений, то оценивают оптимальность этих требований и возможность их выполнения.

Комментарий. В соответствии с Приложением В (рекомендуемым) СТБ 972-2000 в техническом задании приводят требования к метрологическому обеспечению разрабатываемого объекта, однако из-за слишком общего характера они обычно не являются объектом метрологической экспертизы. В ТЗ редко приводят измеряемые параметры и практически никогда не указывают требования к точности их измерений, так что возможность оценки оптимальности этих требований вызывает сомнения.

Метрологическая экспертиза ТЗ на разработку средств измерений включает в себя оценку целесообразности, обоснованности разработки (в первую очередь средств измерений ограниченного применения).

При этом оценивают возможность поверки (калибровки) средств измерений методами и средствами поверки. При их отсутствии в ТЗ включа-

ют указания о разработке соответствующих методов и средств поверки (калибровки).

Если предполагают использование разрабатываемых средств измерений в сферах, в которых осуществляют государственный метрологический контроль (надзор), то в ТЗ включают указания о необходимости проведения испытаний и утверждения типа средства измерений.

Комментарий. Экспертиза ТЗ на разработку средств измерений (как и других изделий) «включает в себя оценку целесообразности, обоснованности разработки (в первую очередь средств измерений ограниченного применения)». Это обычная предпроектная работа, отличающаяся от других только необходимостью анализа именно средств измерений. То, что объект анализа – средство измерений, вовсе не означает, что этот анализ следует называть метрологической экспертизой.

В ТЗ на разработку информационно-измерительных систем (далее — ИИС), АСУТП проверяют наличие и полноту требований к погрешности измерительных каналов. Под измерительным каналом понимают совокупность технических средств, используемых для измерений параметра от точки «отбора» информации о параметре до шкалы, табло, экрана дисплея, диаграммы регистрирующего прибора или распечатки на бланке. При этом задают условия эксплуатации основных компонентов измерительных каналов (датчиков, преобразователей, компонентов устройств связи с объектом, вычислительной техники).

Вместо требований к погрешности измерительных каналов могут быть заданы требования к погрешности измерений. Такое требование предпочтительно при возможности появления методических составляющих погрешности измерений.

Комментарии. 1. В РМГ 29 сказано, что измерительным каналом называют измерительную цепь измерительной системы. В свою очередь **измерительная цепь** – совокупность элементов средств измерений, образующих

непрерывный путь прохождения измерительного сигнала одной физической величины от входа до выхода.

2. При проектировании измерительных каналов можно оперировать только инструментальными погрешностями. Метрологическую экспертизу допустимых погрешностей измерений можно проводить только при наличии конкретного объекта и методики измерений.

Если при разработке конструкции, технологии, систем управления или другого объекта предполагают разработку методик выполнения измерений, то в ТЗ включают указания о необходимости их метрологической аттестации и разработки документа на методику выполнения измерений.

Аналогичный анализ выполняют при метрологической экспертизе технического предложения, а также заявки на разработку средств измерений, ИИС и АСУТП.

Комментарий. Предлагаемый «анализ» не является метрологической экспертизой.

Отчеты о научно-исследовательской работе, пояснительные записки к техническим (эскизным) проектам, протоколы испытаний

В отчете о научно-исследовательской работе (далее — НИР) основными объектами анализа при метрологической экспертизе являются измеряемые величины, методики выполнения измерений (включая процедуры обработки результатов измерений), используемые средства измерений, погрешность измерений. В отчетах о НИР, связанных с разработкой средств измерений, ИИС и АСУТП, кроме перечисленных объектов, анализируют возможность поверки (калибровки) средств измерений и измерительных каналов, эффективность встроенных подсистем контроля работоспособности измерительных каналов и контроля достоверности поступающей от датчиков измерительной информации. При этом оценивают, насколько эффективно используют информационную избыточность, возникающую как

результат связей между измеряемыми параметрами и многократными измерениями.

Комментарии. 1. Экспертиза НИР включает только анализ данных, вошедших в отчет. Не имеет смысла анализировать «*возможность поверки (калибровки) средств измерений и измерительных каналов*», если соответствующие методики не включены в отчет.

2. Тезис о возникновении информационной избыточности в результате «*связей между измеряемыми параметрами и многократными измерениями*» смысла не имеет. Если «*информационная избыточность*» используется, возникают сомнения в избыточности. При многократных измерениях избыток информации может быть связан только с **неоправданным** увеличением числа наблюдений, которое практически не дает повышения достоверности оценок.

Аналогичный анализ выполняют при проведении метрологической экспертизы пояснительных записок к техническим (эскизным) проектам.

Комментарий. В пояснительных записках к техническим (эскизным) проектам может не оказаться объектов для такого анализа.

В протоколах испытаний обычно не излагают методики выполнения измерений и не приводят характеристики погрешности измерений. В таких протоколах дают ссылки на соответствующие документы.

Комментарий. В соответствии с требованиями обеспечения единства измерений, характеристики погрешности измерений являются обязательной составной частью описания результатов измерений. Они могут указываться либо непосредственно, в формах, установленных НД по метрологии, либо опосредовано – ссылкой на соответствующий нормативный документ или аттестованную (стандартизованную) методику измерений.

Технические условия. Стандарты

При метрологической экспертизе технических условий (далее — ТУ) и стандартов решают практически все задачи метрологической экспертизы,

так как в ТУ и многих стандартах излагают метрологические требования, методы и средства метрологического обеспечения. ТУ и стандарты в наибольшей степени связаны с исходными техническими документами. Анализу подвергают следующие разделы: «Технические требования», «Методы контроля и испытаний», а также приложение «Перечень необходимого оборудования, материалов и реактивов» (при его наличии).

В ТУ и стандартах на средства измерений анализируют также методы и средства их контроля при выпуске в обращение из производства, согласованность этих методов и средств с документами на методики поверки по РМГ 51.

Комментарий. Кроме стандартов на конкретные изделия и процессы есть и другие стандарты (включая общетехнические и организационно-методические), включающие в себя объекты метрологической экспертизы.

Эксплуатационные и ремонтные документы

В этих документах основные объекты анализа при метрологической экспертизе — точность и трудоемкость методик выполнения измерений и средств измерений, применяемых при контроле и наладке изделий, систем управления, продукции и т. п. Учитывают существенное отличие условий измерений в эксплуатации и при ремонтных операциях от условий, в которых создают продукцию.

Учитывают, что методы и средства измерений, которые обычно указаны в ТУ, не всегда могут быть использованы в условиях эксплуатации и ремонта.

Комментарий. Выше уже отмечалось, что контроль в процессе эксплуатации не может быть идентичным контролю в процессах изготовления, испытаний и ремонта изделий, поскольку каждый из процессов имеет специфические особенности, однако «существенные отличия условий измерений» реально состоят в том, что они могут быть нормальными либо рабочими. Усло-

вия измерений определяют нахождением влияющих величин в нормальной или рабочей областях значений.

Программы и методики испытаний

При метрологической экспертизе этих документов основное внимание уделяют методикам выполнения измерений (включая процедуры обработки результатов измерений), средствам измерений и другим техническим средствам, используемым при измерениях, и погрешности измерений. При испытаниях в лабораторных (нормальных) условиях методики и средства измерений аналогичны указанным в ТУ. Если же испытания проводят в эксплуатационных условиях, то методы и средства измерений должны соответствовать этим условиям (в первую очередь по точности измерений).

Комментарий. Условия измерений принято определять как нормальные или рабочие, вне зависимости от того, где (в лаборатории или на производстве) проводятся измерения. Условия описывают в методиках выполнения измерений, причем не средства измерений должны соответствовать определенным условиям, а условия устанавливают с учетом метрологических характеристик применяемых средств измерений.

Обращают также внимание на возможность появления субъективной составляющей погрешности измерений, вносимой испытателем (оператором), и составляющей погрешности результата испытаний из-за неточности воспроизведения режима (условий) испытаний. Если такие погрешности возможны, то в методике испытаний предусматривают условия, их ограничивающие.

Комментарий. Следует учитывать также и методические составляющие погрешностей.

Технологические инструкции (регламенты)

В технологических инструкциях излагают методики измерительного контроля в составе операций регулировки или наладки изделий либо делают

ссылки на соответствующие документы. В технологических регламентах обычно указывают параметры, подлежащие измерительному контролю, номинальные значения и границы диапазонов изменений этих параметров (или допускаемые отклонения от номинальных значений), типы, классы точности и пределы измерений применяемых средств измерений. В ряде случаев указывают пределы допускаемых погрешностей измерений.

Основные объекты анализа при метрологической экспертизе указанных документов — рациональность номенклатуры измеряемых параметров, выбранных средств и методик выполнения измерений, оптимальность требований к точности измерений, соответствие фактической точности измерений требуемой (при отсутствии требований к точности измерений — соответствие допускаемым отклонениям действительных значений измеряемых параметров от номинальных значений).

Комментарий. В описании методики измерительного контроля должны быть указаны пределы допускаемых погрешностей измерений и соответствие фактической точности измерений требуемой. «Отсутствие требований к точности измерений» следует расценивать как грубейшую ошибку.

Технологические карты различных видов

В этих документах, как правило, не приводят подробное изложение вопросов метрологического обеспечения. Поэтому объем метрологической экспертизы здесь значительно меньше, чем для других документов, хотя количество технологических карт в производстве велико.

Комментарий. При метрологической экспертизе по этим документам особое внимание следует обращать на минимально необходимое содержание методик измерительного контроля и при необходимости расширять, а не сужать «объем метрологической экспертизы».

Проектные документы

В проектные документы включают практически все основные вопросы метрологического обеспечения. Поэтому метрологическая экспертиза проектных документов включает в себя все перечисленные выше задачи. Объем проектных документов часто значителен, и следует хорошо ориентироваться в разделах (томах) этих документов.

Комментарий. Непонятно, что подразумевается под проектными документами. Нет корректного указания документов, а разные документы требуют разных подходов. Содержание любой проектной документации действительно может быть исходным материалом для метрологической экспертизы, поэтому в соответствии с целью экспертизы и содержанием материалов следует определять все задачи экспертизы, которые могут быть поставлены и решены на этом этапе.

В ряде отраслей вопросы метрологического обеспечения излагают в специальном разделе проекта, что, по мнению некоторых метрологов, облегчает проведение метрологической экспертизы. Однако при таком варианте проекта возможны определенные трудности при метрологической экспертизе, так как изложение метрологических вопросов не увязано с объектами метрологического обеспечения.

Комментарий. Вопросы метрологического обеспечения излагают только в проектах средств измерений, в проекты технологического оборудования в лучшем случае включают описание методов контроля и испытаний.

При метрологической экспертизе проектных документов АСУТП обращают внимание на наличие и оптимальность требований к точности измерений или измерительных каналов, на объективность оценок точности и их соответствие требованиям, на рациональность подсистемы контроля работоспособности измерительных каналов и контроля достоверности поступающей от датчиков измерительной информации, на использование информационной избыточности в целях повышения надежности и точности информационной подсистемы АСУТП.

Комментарий. Нечто подобное уже изложено в подразделе «Технические задания (предложения), заявки на разработку».

Порядок оформления и реализации результатов метрологической экспертизы

В разделе практически отсутствуют требования к оформлению результатов, зато содержится ряд благих пожеланий.

Наиболее простой формой фиксации результатов метрологической экспертизы являются замечания эксперта в виде пометок на полях документа. После учета разработчиком таких замечаний эксперт визирует оригиналы или подлинники документов.

Комментарий. Такую форму отчетности при метрологической экспертизе практически не используют.

Другая типичная форма — экспертное заключение. Его составляют в следующих характерных случаях при оформлении результатов метрологической экспертизы:

- технической документации, поступившей от других организаций;*
- комплектов документов большого объема, а также при метрологической экспертизе, которую проводила специально назначенная комиссия, после которой необходимо внести изменения в действующую техническую документацию или разработать мероприятия по повышению эффективности метрологического обеспечения.*

Экспертное заключение утверждает технический руководитель или главный метролог предприятия.

Результаты метрологической экспертизы могут быть изложены в списках (журналах) замечаний.

Комментарий. К «характерным случаям» можно отнести все, кроме метрологического контроля с последующим оперативным реагированием.

Учет технической документации, прошедшей метрологическую экспертизу, целесообразно вести в специальном журнале.

Ответственность за качество технической документации возлагают на разработчика, который принимает решения по замечаниям эксперта. В случаях существенных разногласий между экспертом и разработчиком окончательное решение принимает технический руководитель предприятия.

Эксперт несет ответственность только за правильность сделанных замечаний и предложений.

Комментарий. За что эксперт отвечает, уже было сказано в п. 4.4 этого же нормативного документа. Вопросы ответственности эксперта не вполне соответствуют наименованию раздела.

Замечания экспертов, которые приняты разработчиком технической документации, служат одной из предпосылок совершенствования метрологического обеспечения. Существенные замечания требуют разработки и реализации определенных мероприятий. В этих случаях разработчик совместно с экспертами-метрологами разрабатывает план мероприятий.

Комментарий. Замечания, связанные с неконтролепригодностью параметров, подлежат немедленному реагированию (исправлению дефектов). Замечания, направленные на совершенствование объекта и оптимизацию норм точности, подлежат обсуждению с разработчиком и реакция зависит от его позиции.

Экспертам-метрологам целесообразно систематически (ежегодно или чаще) обобщать результаты метрологической экспертизы, выявляя характерные ошибки и недостатки в технической документации и намечая меры по их предотвращению. Среди таких мер могут быть предложения, касающиеся обучения разработчиков основам метрологического обеспечения, корректировки или разработки нормативных и методических документов, используемых разработчиками. Могут быть предложены меры и по совершенствованию самой процедуры метрологической экспертизы.

Целесообразно также оценивать экономический эффект от проведения метрологической экспертизы.

Комментарий. «Оценивать экономический эффект от проведения метрологической экспертизы» без соответствующей методики затруднительно, а разработать корректную методику метрологам не под силу.

Представленные в настоящей главе материалы можно рассматривать как результаты стандартизационной и метрологической экспертизы РМГ 63. В заключение можно дать следующую краткую характеристику этого документа:

- ни по структуре, ни по составу экспертируемый материал не соответствует требованиям к нормативной документации;
- фактически отсутствуют корректно определенные цели и задачи экспертизы;
- выполнение внесенных в документ требований часто затруднительно, а иногда невозможно;
- разработать стандарт организации, регламентирующий метрологическую экспертизу, в полном соответствии с данным нормативным документом **невозможно**, но разработка такого документа необходима любому субъекту хозяйствования, который осуществляет метрологическую экспертизу.

10. МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА ОБЪЕКТОВ НА БАЗЕ КОНСТРУКТОРСКОЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

10.1. Постановка и решение задач метрологической экспертизы изделий на базе конструкторской документации

Контроль решений, принятых при проектировании изделий, с позиций возможности измерения параметров объекта проводился всегда. Формально такой контроль входил в непосредственные обязанности разработчиков, а также в обязанности контролирующих и утверждающих документацию лиц. Объективно этот процесс не являлся метрологической экспертизой из-за отсутствия систематизированного подхода и недостаточной метрологической подготовки конструкторов. Необходимость введения метрологической экспертизы как особого вида работ появилась в связи с повышением сложности разрабатываемых изделий, ужесточением требований к точности их параметров. Знаний конструкторов оказалось недостаточно для решения сложных задач измерительного контроля, а повышение их квалификации в этой области было менее рационально, чем приглашение экспертов-метрологов.

Эффективность метрологической экспертизы тем выше, чем раньше она начата, так как ошибки метрологического плана и их последствия легче устранить при раннем обнаружении. Метрологическую экспертизу сложного изделия необходимо начинать еще до разработки основной конструкторской документации объекта и проводить на всех этапах разработки, анализируя все документы, начиная с заявки на разработку, технического задания на проектирование и технического предложения. Чем полнее проведена экспертиза объекта, тем грамотнее будет осуществлено его метрологическое обеспечение.

На «предпроектных» этапах в документах фиксируют только основные параметры будущего изделия. Это дает возможность предварительно оценить контролепригодность проектируемого изделия и перспективы метрологиче-

ского обеспечения на завершающей стадии (стадии производства) с использованием универсальных средств измерений, или средств измерений, специально разработанных для контроля параметров данного изделия или изделия-прототипа. Оценки носят предварительный характер, поскольку ни конкретные значения параметров, ни их реализация в будущем изделии точно неизвестны. Вопросы метрологического обеспечения производства на промежуточных стадиях (производство деталей и сборочных единиц) на данном этапе не рассматриваются из-за отсутствия необходимой информации.

Экспертиза изделия на этапах разработки проектной и рабочей документации (технического проекта, сборочных чертежей и чертежей деталей, пояснительной записки, технических условий, программы и методики испытаний) отличается тем, что появляются новые задачи, а условия задач, поставленных на предыдущих этапах, приобретают большее информационное наполнение и решения задач могут быть более конкретными.

Поскольку при метрологической экспертизе изделий на основе проектной и рабочей документации принципиально невозможно решить все задачи, поставленные РМГ 63, постановку задач и полноту их решения эксперт определяет самостоятельно в соответствии с доступной ему конкретной информацией.

Например, чтобы оценить *рациональность номенклатуры измеряемых параметров*, необходимо иметь все нормированные параметры и номенклатуру выбранных для измерений параметров. При этом формально измерениям подлежат все назначенные параметры, следовательно, рациональность номенклатуры измеряемых параметров оценке не подлежит. Исключение составляют сборочные единицы и более сложные изделия, для которых контролируемые параметры и характеристики выбраны из всех возможных и однозначно определены.

Для деталей задача оценивания рациональности номенклатуры измеряемых параметров фактически заменяется задачей рационального выбора па-

раметров, подлежащих экспертизе. Выбор осуществляют на базе функционального анализа изделия (анализа влияния точности всех нормированных параметров на выходные характеристики изделия) подтвердить или опровергнуть рациональность выбранной для измерений номенклатуры параметров.

Без достаточно полно разработанных методик выполнения измерений не могут быть решены такие задачи, как анализ *оптимальности требований к точности измерений, объективности и полноты требований к точности средств измерений, соответствия фактической точности измерений требуемой*. В обязанности конструктора **не входит** выбор средств измерений и методик выполнения измерений. Исключения составляют случаи, когда в конструкторскую документацию входят описания процессов контроля, например для приемки или испытаний изделия.

Структуру экспертизы изделий удобно рассмотреть на примере **экспертизы простейших изделий** – деталей. Чертежи деталей представляют собой самый массовый вид конструкторской документации. Привлечение метрологов к экспертизе деталей в большинстве тривиальных случаев нецелесообразно. Основной объем метрологической экспертизы деталей должен выполняться самими разработчиками и только при появлении сомнений в достаточности собственной квалификации для решения сложных метрологических задач следует приглашать эксперта-метролога.

Перед исполнителями метрологической экспертизы изделий могут быть поставлены следующие задачи:

- оценка оформления метрологических требований (задача нормоконтроля);
- определение номенклатуры экспертируемых требований и норм;
- выделение из экспертируемых требований и норм очевидно контролепригодных;

- определение требований и норм, контролепригодность которых вызывает сомнения;
- разработка структуры методик контроля сомнительных требований и норм;
- выявление дефектных требований и норм;
- разработка предложений по корректированию дефектных требований и норм;
- разработка методик контроля скорректированных требований и норм (при необходимости);
- оформление результатов экспертизы (предварительное);
- контроль результатов экспертизы (самоконтроль);
- окончательное оформление результатов экспертизы.

Выявление требований и норм, контролепригодность которых очевидна или сомнительна, в каждом конкретном случае базируется на решении задачи определения контролепригодности параметра. Эта задача в свою очередь делится на две:

- оценка инструментальной доступности параметра;
- определение возможности обеспечения требуемой точности измерений.

Нормативные документы на чертежи деталей не предусматривают включения в них описаний методик выполнения измерений (МВИ). Однако без выяснения контролепригодности параметров экспертизу нельзя считать законченной, а это в свою очередь требует разработки МВИ.

Специфика экспертизы деталей заключается в том, что для определения контролепригодности экспертируемых параметров необходимо сначала **предложить** методику выполнения измерений для контроля каждого из исследуемых на контролепригодность параметров, а затем **проверить возможность обеспечения контроля** с помощью предложенной самим экспертом МВИ. Следует понимать принципиальные различия между официальным

описанием МВИ, отвечающим требованиям ГОСТ 8.010, и «виртуальной МВИ», которую эксперт-метролог обозначает при экспертизе, чтобы убедиться в принципиальной контролепригодности параметра.

В ходе решения задач контролепригодности можно рассматривать использование типовых (аттестованных) МВИ, оригинальных МВИ, предложенных экспертом и предусматривающих применение универсальных средств измерений, а также оригинальных МВИ основанных на применении специальных средств измерений, которые следует разработать и аттестовать к началу производства изделия. Очевидно, что эксперт не обязан и не может в ходе экспертизы разработать конструкторскую документацию на нестандартное средство измерений, предназначенное специально для обеспечения контролепригодности конкретного параметра. Однако эксперт в состоянии оценить возможность проектирования такого средства измерений и даже предложить его «схемное решение». Такое «схемное решение» должно послужить для **разработки технического задания** на соответствующее нестандартное средство измерений, а также для оценки (прогнозирования) методических погрешностей измерений с использованием этого средства.

При оценке точности измерений геометрических параметров необходимо учитывать погрешности базовых поверхностей. В случае неконтролепригодности из-за неудовлетворительных соотношений между нормами точности геометрических параметров эксперт может предложить корректировку норм до соотношений, которые обеспечат контролепригодность параметров.

Стандарт организации или методические указания на проведение метрологической экспертизы изделий должны включать рекомендации по выбору и описанию МВИ в рамках самой метрологической экспертизы.

Если в описаниях МВИ ориентироваться на ГОСТ 8.010, то они должны включать:

- назначение МВИ;
- метод (методы) измерений;

- требования к погрешности измерений или (и) приписанные характеристики погрешности измерений;
- требования к средствам измерений (в том числе к стандартным образцам, аттестованным смесям), вспомогательным устройствам, материалам, растворам или соответствующие ссылки на документы, где имеются требования к средствам измерений (стандарты, технические условия);
- условия измерений;
- требования к обеспечению безопасности выполняемых работ;
- требования к обеспечению экологической безопасности;
- требования к квалификации операторов;
- операции при подготовке к выполнению измерений;
- операции при выполнении измерений;
- операции обработки и вычислений результатов измерений;
- нормативы, процедуру и периодичность контроля погрешности результатов выполняемых измерений;
- требования к оформлению результатов измерений;
- другие требования и операции (при необходимости).

Кроме того, в соответствии с изменением № 1 ВУ ГОСТ 8.010 в МВИ могут быть приведены не только показатели точности (правильности и/или прецизионности) в соответствии с требованиями СТБ ИСО 5725-1 (раздел 7) и приписанные характеристики погрешности, но и/или характеристики неопределенности измерения. В этом случае в описание МВИ может быть добавлен алгоритм оценивания неопределенности измерения. Процедуры и периодичность контроля точности получаемых результатов измерений при использовании МВИ в аккредитованных лабораториях разрабатывают с учетом требований СТБ ИСО 5725-6 (раздел 6) и СТБ ИСО/МЭК 17025 (пункт 5.9).

Из подробного описания МВИ можно сделать вывод о контролепригодности параметров, однако при экспертизе детали такое описание пред-

ставляется избыточным. Контролепригодность по условиям инструментальной доступности параметра при экспертизе детали в большинстве случаев считается очевидной, поскольку выбор средства измерений изначально определяется их диапазоном измерений и конструкцией чувствительных элементов.

Неочевидные случаи (нормы, контролепригодность которых вызывает сомнения) эксперт анализирует отдельно. Проверку возможности получения сигнала измерительной информации от объекта (доступа чувствительных элементов средств измерений к контролируемым поверхностям) и возможности манипулирования первичными преобразователями в ограниченном пространстве проводят на основании информации о конструктивных особенностях средств измерения, в том числе нестандартизованных.

Для анализа контролепригодности параметра по нормам точности из всех разделов МВИ по ГОСТ 8.010 можно выбрать те, которые устанавливают нормы погрешностей измерений и оценки значений ожидаемых погрешностей. Необходимы краткие описания средств измерений и вспомогательных устройств (если они используются), характеристика метода измерений (для обеспечения возможности оценки значений ожидаемых методических погрешностей), описания условий измерений и требований к квалификации операторов.

При обнаружении экспертом неконтролепригодных параметров детали нормы точности этих параметров могут быть поставлены под сомнение. Если слишком большие погрешности измерений обусловлены неудачным выбором измерительных баз, конструкцию следует корректировать. Конструкторы часто назначают высокие требования к точности параметров расположения относительно грубых баз, что приводит к неопределенности результатов измерений, которая может превосходить значения допустимых погрешностей измерений. Поэтому проверка контролепригодности геометрических параметров детали включает в себя контроль точности измерительных баз, в том

числе и **контроль правильности соотношений** между допусками размеров, формы, расположения и высотными параметрами шероховатости исследуемых и базовых поверхностей.

Для оценки правильности соотношений между допусками размеров, формы и расположения, а также между лимитирующими параметрами макрогеометрии поверхностей и высотными параметрами их шероховатости (параметрами микрогеометрии) можно использовать материалы главы 8.

Формальный подход к экспертизе деталей подразумевает контроль всех без исключения точностных требований, что требует переработки огромного объема информации. Рациональное уменьшение объема работ вполне осуществимо при выполнении метрологической экспертизы только **функционально важных параметров** изделия (основных параметров) и тех **параметров, контролепригодность которых вызывает сомнения**. Выделение основных параметров серийно выпускаемых изделий должно осуществляться на основе требований к их функциональной взаимозаменяемости. Метрологическая экспертиза, направленная на обеспечение функциональной взаимозаменяемости, предусматривает назначение на каждый функционально важный параметр экономически оптимального допуска, обеспечивающего качественную работу всего изделия в целом при приемлемых затратах на обработку детали.

Необходимость оптимизации норм точности может возникнуть, если при метрологической экспертизе чертежей деталей будут обнаружены:

- назначенные конструктором избыточно жесткие допуски (высокие требования к точности, не имеющие достаточных обоснований);
- не увязанные между собой допуски, входящие в конструкторские, технологические и/или измерительные размерные цепи;
- размеры и допуски, назначенные конструктором без учета возможностей современных средств измерения.

Необходимость корректировки норм точности может возникнуть в результате ошибок, допущенных при метрологической экспертизе на предшествующих этапах проектирования, или если экспертиза на этих этапах не проводилась.

Выделение параметров, контролепригодность которых является сомнительной, требует от эксперта определенного опыта работы с универсальными и нестандартизованными средствами измерений. Анализу подлежит не только возможность применения реально существующих нестандартизованных средств измерений, но и использования «схемных решений» предлагаемых средств измерений, которые необходимо разработать специально для данной конкретной измерительной задачи.

Важнейшим **промежуточным результатом** метрологической экспертизы детали является выбор методик измерительного контроля геометрических параметров. К сожалению, эта информация практически нигде не фиксируется и потому при разработке операций контроля параметров для технологических процессов всю эту работу заново выполняет технолог, метрологическая квалификация которого существенно ниже, чем у эксперта-метролога. В результате эксперту-метрологу приходится повторно выполнять ту же работу при экспертизе технологических процессов, устраняя ошибки, допущенные разработчиком операций измерительного контроля. Оптимальным вариантом является фиксация промежуточных результатов метрологической экспертизы и передача их технологу как исходных материалов для разработки операций измерительного контроля в технологических процессах.

Можно предложить такую последовательность действий при разработке методики измерительного контроля:

1. Выбор вида средства измерения, устройств базирования и вспомогательных устройств (накладной или станковый прибор с «двухточечной» или «трехточечной» схемой чувствительных элементов и т.д.).

2. Выбор схем измерения и измерительного контроля (определяют число контрольных точек или контрольных сечений, их расположение на измеряемой детали, вспомогательные манипуляции, например такие, как поиск «точки возврата» при выходе на экстремальный размер и т.д.).

3. Определение числа повторных наблюдений при измерении одной и той же величины (при необходимости), выбор методов математической обработки и форм представления результатов измерений.

4. Установление соответствия погрешности измерения требованиям достоверности и эффективности контроля (необходимо убедиться в том, что погрешность измерения не превышает допустимую, а также в том, что выбранная методика измерения может быть обеспечена наиболее простыми, удобными и надежными средствами измерений).

5. Внесение корректив в методики измерения и контроля (если это необходимо).

6. Фиксация методики измерительного контроля с учетом схемы измерений и средств измерений.

Последнее действие не является обязательным, если ориентироваться на нормативные требования к конструкторским документам. Однако поскольку положительным итогом метрологической экспертизы является подтверждение контролепригодности параметров, приходится решать практически все описанные задачи.

Если метрологическую экспертизу деталей осуществляют с привлечением конструктора-разработчика, то с ним согласуют номенклатуру геометрических параметров, подлежащих измерительному контролю, и при необходимости уточняют требования к точности параметров. Если конструкция изделия не позволяет обеспечить эффективный и достоверный контроль заданных параметров, следует проанализировать возможности коррекции баз, расширения допусков, изменения отдельных размеров, изменения требований к форме и расположения поверхностей, шероховатости и т.д.

Для обеспечения квалифицированной метрологической экспертизы деталей необходимо конкретные требования к ее проведению регламентировать в специально разработанном документе (например, в стандарте организации). Эксперта надо снабдить методическими материалами, содержащими описание аттестованных методик выполнения измерений с указанием погрешностей измерений при использовании различных вариантов методик по типу РД 50-98 – 86 «Методические указания. Выбор универсальных средств измерений линейных размеров до 500 мм (по применению ГОСТ 8.051 – 81)». Полезным был бы также альбом применяемых на предприятии нестандартных средств измерений с указанием их метрологических характеристик и конструктивных особенностей. Такой комплект документов является достаточным для проверки контролепригодности большинства норм точности, устанавливаемых в чертежах деталей.

Промежуточные результаты метрологической экспертизы должны включать информацию по каждому из рассмотренных параметров и заканчиваться заключением о его контролепригодности. Они могут быть оформлены в виде карточек экспертизы (по одной на каждый параметр), отдельных разделов экспертного заключения, либо строк специально подготовленной таблицы. Состав информации по каждому параметру может быть практически одинаков. Форма сводной таблицы, которую можно использовать для описания промежуточных результатов метрологической экспертизы, представлена в главе «Оформление результатов метрологической и стандартизационной экспертизы».

10.2. Постановка и решение задач метрологической экспертизы объекта на базе технологической документации

Объектами метрологической экспертизы в технологических процессах должны быть используемые в них процессы измерений и измерительного контроля параметров. Не исключается возможность экспертизы режимов

технологических процессов, точности технологического оборудования, но все это, как правило, контролируют косвенно, опираясь на результаты выполнения технологических процессов. Что касается измерительного контроля параметров, то он должен обеспечить объективное заключение о годности полученных результатов, а значит и о соответствии технологического процесса предъявляемым к нему требованиям. Точность технологического процесса обычно не цель, а средство обеспечения требуемой точности результатов его выполнения.

Метрологическая экспертиза технологических процессов

Метрологическая экспертиза технологических процессов по большей части должна быть направлена на операции или процессы измерительного контроля параметров. Следовательно, в теоретическом плане объектом экспертизы должны быть описанные в техпроцессе методики выполнения измерений. Как показывает практика, фактическим объектом экспертизы являются неполные и произвольно представленные описания методик измерительного контроля параметров, получаемых в ходе выполнения технологических процессов. В технологических картах операций или процессов контроля обычно дают ссылку на средства измерений и некоторые вспомогательные устройства, но практически никогда не приводят схемы контроля, допустимые погрешности измерений и оценки реализуемых погрешностей, а также другую необходимую информацию. Следовательно, «описание МВИ» в документации технологических процессов не соответствует требованиям нормативных документов, в частности ГОСТ 8.010 ГСИ.

Теоретически метрологическая экспертиза операций (процессов) технического контроля в технологических процессах в реальных ситуациях должна включать два этапа:

- проверка полноты описания методики контроля;

- экспертиза корректности приведенной информации об операции технического контроля.

Работа на втором этапе принципиально не отличается от экспертизы любой МВИ, и ее содержание в некотором смысле аналогично работе эксперта при экспертизе чертежей деталей. Положительным результатом здесь можно считать заключение о соответствии точности экспертируемой методики контроля требованиям получения действительного значения измеряемой физической величины.

Первый этап, казалось бы, носит формальный характер и должен завершиться заключением о достаточной полноте описания, или предложениями о необходимых дополнениях, которые могут быть внесены по ходу второго этапа экспертизы. Однако что касается полноты описания методик контроля, то в этом вопросе пока нет общепринятого подхода. В разных нормативных документах есть несогласованные моменты, имеются также недостаточно конкретные формулировки, которые позволяют «обходить» требования НД. В стандарте ГОСТ 8.010 указано, что он распространяется на методики выполнения измерений, характеристики погрешности которых определяются до практического применения МВИ. Данное требование для технического контроля можно считать очевидным (погрешность измерения не должна превышать допустимого значения), значит, МВИ в техпроцессах подпадают под юрисдикцию стандарта ГОСТ 8.010. Однако поскольку требования ГОСТ 8.010 непосредственно не распространяются на операции измерительного контроля, то в описании техпроцесса подробные сведения об МВИ в соответствии с требованиями Единой системы технологической документации (ЕСТД) представляются избыточными.

В качестве компромисса можно предложить сокращенное описание операции измерительного контроля, которое обеспечивает достаточную полноту информации и может быть представлено в достаточно компактном виде. Как и при анализе контролепригодности параметра по конструкторской до-

кументации из всех разделов МВИ по ГОСТ 8.010 можно выбрать те, которые устанавливают нормы погрешностей измерений и оценки значений ожидаемых погрешностей. В них могут войти краткие описания средств измерений и (при необходимости) вспомогательных устройств, характеристика метода измерений (для обеспечения возможности оценки значений ожидаемых методических погрешностей), описания условий измерений и требований к квалификации операторов.

Краткое описание операции измерительного контроля (упрощенная форма) должно включать:

- наименование и характеристику объекта измерения и измеряемой физической величины с указанием допустимой погрешности измерений;
- характеристику метода измерений;
- наименования и характеристики средств измерений (СИ) и вспомогательных устройств, метрологические характеристики СИ;
- указание погрешности измерений и вывод о ее соответствии требованиям.

При необходимости в описание следует включать дополнительные элементы:

- схему измерений ФВ,
- схему контрольных точек (контрольных сечений);
- условия измерений.

Один из возможных вариантов, представляющий табличную форму подобного описания представлен в главе, посвященной представлению результатов экспертизы. Формы представления промежуточных результатов метрологической экспертизы технологических процессов, а также чертежей деталей были разработаны в ходе проведения метрологической экспертизы изделий механического производства и техпроцессов их получения.

Метрологическая экспертиза технологических процессов по технологическим инструкциям, технологическим регламентам и др.

В этих технологических документах могут присутствовать описания методик измерительного контроля в виде контрольных операций или процессов. Могут также встречаться описания методик измерений в составе операций регулировки или наладки технологического оборудования. В технологических документах обычно указывают параметры, подвергаемые измерительному контролю, их предельные значения или номинальные значения и допускаемые отклонения от номинальных значений. В описания средств измерений входят их типы и некоторые их метрологические характеристики (классы точности, пределы измерений, цена деления, основная погрешность и др.). Иногда указывают пределы допускаемых погрешностей измерений.

Основные задачи анализа при метрологической экспертизе технологических процессов – проверка наличия нормы требуемой точности измерений, соответствия фактической точности измерений требуемой, проверка рациональности выбранных методик и средств измерений.

Как уже было отмечено, документы ЕСТД не требуют подробного описания методик измерительного контроля. В этом случае, как и в предыдущем, мы имеем противоречия между стандартами ЕСТД и ГСИ. Понятно, что технологи, фиксирующие в технологической документации операции измерений или технического контроля, отдают предпочтение требованиям ЕСТД и игнорируют ГОСТ 8.010. Однако в любом даже самом кратком описании методики измерительного контроля обязательно должны быть указаны пределы допускаемых погрешностей измерений и значение реализуемой погрешности, что необходимо для проверки соответствия фактической точности измерений требуемой. Отсутствие требований к точности измерений и предельных значений реализуемой погрешности следует расценивать как грубейшую ошибку, выявленную при метрологической экспертизе.

В соответствии с требованиями ГОСТ 8.010, в описание конкретной МВИ кроме ее назначения, нормы погрешностей измерений и значения реализуемой погрешности должны входить и другие элементы. В частности, это требования к средствам измерений и вспомогательным устройствам или тип средства измерений и обозначения НД, где эти требования изложены; метод измерений; требования безопасности и другие обязательные элементы МВИ, приведенные в предыдущем разделе.

При отсутствии главных из этих элементов в описании МВИ эксперт не может сделать обоснованный вывод о контролепригодности параметров по точности. В угоду ЕСТД описание операции измерительного контроля можно сделать предельно кратким, хотя в этом можно усмотреть формальное нарушение ГОСТ 8.010. Но описание операции измерительного контроля должно обеспечить возможность оценки значения реализуемой погрешности измерений, включая методические составляющие этой погрешности.

11. СТАНДАРТИЗАЦИОННАЯ И МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ

11.1. Особенности экспертизы нормативных документов

Нормативные документы (НД) по стандартизации являются объектом формальной стандартизационной экспертизы (нормоконтроля), поскольку их структура и оформление регламентируются Государственной системой технического нормирования и стандартизации. Кроме того, используемые термины, условные обозначения, единицы физических величин и другие стандартизованные элементы, используемые в НД по стандартизации, должны соответствовать установленным требованиям.

С другой стороны, любой документ по стандартизации устанавливает требования к изделиям или/и процессам и поэтому может подвергаться функциональному нормоконтролю, направленному на повышение качества стандартизуемого объекта путем оптимизации его параметров.

Метрологической экспертизе подлежат те документы по стандартизации, которые содержат методики контроля или методики измерений, применяемые при испытаниях или приемке изделий. Кроме того, документ может включать параметры изделия или технологического процесса, представленные физическими величинами. Эти элементы можно рассматривать как необходимый минимум содержания для проведения метрологической экспертизы объекта стандартизации, в ходе которой оценивают контролепригодность параметров.

Формальную экспертизу действующих НД по стандартизации проводят относительно редко – при их плановом пересмотре, или при необходимости внесения изменений из-за появления новых технологий, материалов или по другим подобным причинам.

Проект любого нормативного документа по стандартизации проходит множество экспертиз, первая из которых начинается с его рассылки на отзыв. Подготовка отзывов на проекты НД – обычная работа подразделений стандартизации. Отзыв должен быть отправлен не позднее, чем через месяц после получения проекта НД, требования к оформлению отзыва стандартизованы. Сначала приводят общие замечания и предложения по проекту НД, затем – частные, а в заключительной части дают выводы о приемлемости проекта, необходимости внести чисто технические или радикальные изменения, либо даже отказаться от дальнейшей разработки. Подготовка отзыва на проект НД представляет собой типичную экспертную работу.

Комплексная экспертиза проекта НД должна включать профессиональную экспертизу содержания, стандартизационную, а при необходимости и метрологическую экспертизу.

Экспертизу НД по стандартизации следует начинать с формулирования ее конкретных целей и постановки задач. Как правило, ставится общая цель – совершенствование экспертируемого документа. Однако эта цель не вполне определяет «глубину экспертизы», поскольку совершенствование может иметь конкретное выражение: от исправления явных ошибок и до полной переработки документа, включающей оптимизацию нормируемых требований. Поэтому формулировки целей могут существенно различаться. Можно предложить несколько вариантов, причем каждый последующий поглощает предыдущие:

- обнаружение ошибок (выявляют нарушение требований, содержащихся в других НД, внутренние противоречия, некорректность структуры и формулировок);
- совершенствование документа на основе общедоступного опыта (рекомендации эксперта основаны на опубликованных результатах исследований, не использованных разработчиком);

- совершенствование документа на основе имеющегося собственного опыта эксперта (эксперт представляет рекомендации, обоснованием которых являются результаты собственных исследований или исследований, проведенных на его предприятии, в том числе незаконченных и не опубликованных, а также аналитической работы, проведенной специально для данной экспертизы).
- совершенствование документа на основе аналитической работы, проведенной специально для данной экспертизы.

Предложенный перечень вопросов можно использовать для постановки задач экспертизы.

Некоторые сомнения могут возникать по поводу двух последних формулировок. Однако если учитывать, что отзывы готовят «заинтересованные стороны» (предприятия, которые являются предполагаемыми пользователями этого документа), то наличие в организации собственных разработок по тематике проекта и знакомство эксперта с новейшими исследованиями отражает реальное положение дел. При наличии в организации собственных разработок в данной области две последние цели в ряде случаев могут быть реально поставлены и являются вполне достижимыми.

По результатам экспертизы, проведенной в условиях поставленных последних целей, может быть рекомендована радикальная переработка нормативного документа.

Естественно, что постановка цели экспертизы должна быть согласована с имеющимися ресурсами, включающими сроки, квалификацию эксперта, наличие результатов собственных исследований и специалистов, которых можно привлечь для их продолжения.

При анализе проекта НД, разработанного взамен действующего, в ходе ответов на данные вопросы желательно провести сравнительный анализ двух документов (экспертируемого и заменяющего).

Часто проводят экспертизу нормативного документа или проекта документа более низкой категории по отношению к вышестоящему по иерархии НД на тот же объект. При этом в экспертную работу вносят определенные особенности. Стандарты организации на объекты, уже нормированные государственными стандартами разрабатывают либо в виде ограничительных, либо в виде «расширяющих». Очевидно, что противоречия требованиям стандартов более высоких категорий в новых документах недопустимы. В ограничительных НД противоречия исходному документу практически не встречаются. Но в стандартах, которые продолжают и уточняют положения НД более высоких категорий, такие противоречия могут иметь неявный характер, и их выявление требует квалифицированной экспертной работы.

При оформлении отзыва на проект любого НД следует руководствоваться теми же правилами, что и при разработке стандарта. Все формулировки должны быть конкретными, четкими, не допускающими двоякого толкования. Следует избегать пожеланий ввести в стандарт дополнительные требования и целые разделы, если необходимость в них не очевидна (острая необходимость возникает, если проект стандарта из-за отсутствия определенных требований не обеспечивает достижения поставленной цели).

Дополнительное требование к отзыву – максимальная корректность выражений. Первая редакция проекта НД из-за сложности работы и новизны объекта практически всегда содержит ошибки и имеет другие недостатки. Разработчик всегда будет благодарен за деловые замечания и предложения, которые позволят усовершенствовать НД, особенно если они выдержаны в доброжелательном тоне. Практика показывает, что лучшие отзывы на проект стандарта готовят эксперты, которые сами прошли весь путь разработчика нормативной документации.

Требования к экспертизе проектов государственных стандартов и руководящих документов по стандартизации, а также технических условий в нашей стране установлены специальными НД. Эти документы предназначе-

ны для обеспечения экспертизы проектов НД организациями Госстандарта перед последующим утверждением и обеспечивают жестко формализованный характер экспертизы. Цели, состав экспертизы и проверяемые положения проектов стандартов и технических условий, определяемые этими НД, представлены ниже. Следует отметить ту особенность требований к экспертизе, что она должна включать в себя также анализ правильности процесса разработки проекта (документы, сроки и пр.) – это необходимо для принятия НД, но не касается его содержания.

11.2. Экспертиза проектов стандартов

Основные положения экспертизы окончательных редакций проектов государственных стандартов и руководящих документов Республики Беларусь, утверждаемых Госстандартом, а также межгосударственных стандартов, автором которых является Республика Беларусь, и порядок проведения экспертизы устанавливает РД РБ 03180.53-2000.

В соответствии с этим документом основной целью проведения экспертизы проекта стандарта является комплексная оценка его научно-технического уровня, основанная на проверке соответствия требований стандарта нормам и требованиям системы стандартизации и технического нормирования, законодательных и нормативных актов Республики Беларусь, а также нормам и требованиям национальных, межгосударственных и международных стандартов. Кроме того, документ регламентирует экспертизу процедуры разработки и утверждения проекта стандарта, включая проверку соблюдения сроков, реагирование на сделанные замечания и пр., что не является работой по экспертизе самого нормативного документа.

Окончательные редакции проектов стандартов подвергаются *технической, терминологической и метрологической экспертизе*.

Технической и терминологической экспертизам подлежат все проекты стандартов. Метрологической экспертизе в соответствии с требованиями до-

кумента подлежат проекты стандартов на продукцию и проекты стандартов, устанавливающих нормы точности измерений, методы и средства измерений и другие метрологические требования и правила, а также содержащих данные о физических константах и свойствах веществ и материалов.

В техническую экспертизу проекта стандарта входят:

- проверка соответствия наименования проекта стандарта требованиям ТКП 1.5 и техническому заданию;
- проверка соответствия построения, изложения, оформления и содержания проекта стандарта требованиям ТКП 1.5 (для проектов межгосударственных стандартов – ГОСТ 1.5);
- проверка правильности присвоения и простановки кодов по соответствующим классификаторам;
- сопоставление предлагаемой даты введения стандарта со сроком действия взаимосвязанных нормативных документов;
- техническое редактирование проекта стандарта;
- проверка полноты требований проекта стандарта и степени их соответствия нормам и требованиям, установленным в стандартах и законодательных и нормативных актах Республики Беларусь, межгосударственных и международных стандартах;
- проверка полноты и корректности реагирования на замечания в соответствии со сводкой отзывов и решениями согласительного совещания.

При проверке соответствия наименования проекта стандарта требованиям ТКП 1.5 проверяют наименование стандарта на краткость, правильность его формирования и классификации, точность характеристики объекта стандартизации, на который распространяется стандарт.

При проверке полноты требований проекта стандарта и степени их соответствия нормам и требованиям государственных, межгосударственных и международных стандартов, а также законодательных и нормативных актов Республики Беларусь анализируют:

- наличие международных, межгосударственных и государственных норм и требований к объекту стандартизации, а также требований законодательных актов и их учет в проекте стандарта;
- увязку проекта стандарта с действующими взаимосвязанными и ссылочными нормативными документами;
- наличие и обоснованность предложений об отмене или внесении изменений в действующие взаимосвязанные нормативные документы;
- полноту, необходимость и достаточность установленных проектом стандарта требований и норм;
- отработку отзывов и их учет в проекте стандарта, а также соответствие проекта стандарта принятым на согласительном совещании решениям.

При проведении метрологической экспертизы в соответствии со спецификой объекта стандартизации может оцениваться:

- техническая обоснованность норм точности измерений;
- соответствие показателей точности измерений требованиям достоверности контроля;
- полнота и правильность требований к методикам выполнения измерений;
- правильность выбора средств измерений;
- достоверность и правильность применения данных о физических константах и свойствах веществ и материалов;
- сравнимость показателей, установленных проектом стандарта на продукцию, с показателями, установленными межгосударственными и международными стандартами на аналогичную продукцию.

При проведении терминологической экспертизы осуществляют проверку:

- общих научно-технических терминов;
- наименований промышленной и сельскохозяйственной продукции;

- наименований технологических процессов;
- наименований и обозначений единиц физических величин, метрологических понятий, терминов и определений;
- географических названий, входящих в состав наименований сырья, материалов, изделий.

При проверке правильности употребления в проекте стандарта научно-технических терминов и других языковых и знаковых средств устанавливают их соответствие государственным, межгосударственным и международным стандартам на научно-технические термины, сокращения, обозначения и т.д. и контролируют, чтобы стандартизованный термин употреблялся в том значении, в котором он установлен соответствующим стандартом.

Нестандартизованные научно-технические термины и другие языковые и знаковые средства, употребляемые в проекте стандарта, проверяют на соответствие:

- научно-техническим терминам и другим языковым и знаковым средствам, установленным в рекомендациях ИСО и МЭК (предлагается учитывать такие терминологические публикации, как рекомендации, словари этих и других международных организаций);
- научно-техническим терминам и другим языковым и знаковым средствам, содержащимся в стандартах всех видов или их терминологических приложениях.

Употребляемые в проекте стандарта наименования сырья, материалов, изделий проверяют на соответствие наименованиям данной продукции в других стандартах и классификаторах технико-экономической и социальной информации.

Все языковые и знаковые средства, употребляемые в проекте стандарта, проверяют на соответствие нормам и правилам русского и (или) белорусского языка (лексическим, словообразовательным, синтаксическим и стилистическим). При этом проверяют соблюдение требований ТКП 1.5 (для меж-

государственных стандартов – ГОСТ 1.5) о недопустимости применения в тексте стандарта оборотов разговорной речи, техницизмов и профессионализмов.

Экспертиза проекта стандарта на термины и определения включает:

- проверку на отсутствие противоречий стандартизуемой терминологической системы массиву стандартизованной терминологии;
- проверку соблюдения принципов системности и максимального учета всех мнений в рассматриваемом проекте стандарта;
- проверку терминов и определений на соответствие требованиям рекомендаций РМГ 19;
- проверку иноязычных эквивалентов.

11.3. Экспертиза технических условий

Технические условия – нормативный документ, устанавливающий требования к конкретной продукции (услуге, группе продукции, услуг), ее составным частям, полуфабрикатам, предназначенным для самостоятельной поставки (реализации) потребителю (заказчику), и утвержденный разработчиком (изготовителем) продукции (ТКП 1.3).

Экспертиза технических условий – анализ и оценка соответствия требований, заложенных в технических условиях, обязательным требованиям действующих стандартов на данную продукцию и нормативным актам Республики Беларусь (ТКП 1.3).

Порядок проведения экспертизы технических условий (ТУ) и извещений об изменении ТУ устанавливает РД РБ 03180.48-98, который разработан в развитие ТКП 1.3. Как и документ, рассмотренный в предыдущем разделе, этот руководящий документ регламентирует не только экспертизу технических условий, но и экспертизу процедуры их разработки и утверждения, включая проверку правомочности разработки ТУ, правомочности представ-

ления ТУ на государственную регистрацию, соблюдения сроков и др., что не входит в экспертизу самого проекта НД.

Экспертизе подлежат ТУ и извещения об изменении ТУ, представленные субъектом хозяйствования Республики Беларусь на государственную регистрацию, а также действующие ТУ других государств – участников СНГ, по которым предполагается изготавливать продукцию в Республике Беларусь, представленные на регистрацию субъектом хозяйствования Республики Беларусь.

Экспертиза ТУ проводится на соответствие обязательным требованиям, обеспечивающим безопасность продукции и услуг для жизни, здоровья и имущества граждан и охрану окружающей среды, совместимость и взаимозаменяемость, требования к маркировке, методам испытаний и контроля, метрологическим характеристикам средств измерений. Требования, устанавливаемые в ТУ, должны быть контролепригодными и проверяемыми при испытаниях продукции.

Требования, устанавливаемые в ТУ, не должны противоречить обязательным требованиям нормативных документов по стандартизации на исходную продукцию (изделия, материалы, вещества). Положения ТУ не могут устанавливаться в нарушение обязательных требований действующих государственных стандартов Республики Беларусь, распространяющихся на данную продукцию, и нормативных актов Республики Беларусь;

При экспертизе ТУ в частности проводят:

- проверку правомочности (необходимости) разработки ТУ;
- проверку правильности обозначения ТУ (кроме ТУ других государств) в соответствии с требованиями ТКП 1.3;
- проверку правильности присвоения и простановки кодов в обозначении ТУ (кроме ТУ других государств) в соответствии с требованиями ОКРБ 001, ОКРБ 004;

- проверку правильности наименования ТУ (кроме ТУ других государств) в соответствии с требованиями ТКП 1.3;
- проверку правильности наименования продукции в соответствии с требованиями действующих нормативных документов;
- проверку правильности присвоения и простановки в ТУ (кроме ТУ других государств) кодов ОКП РБ по ОКРБ (СРА) 007, ОКП по «Общесоюзному классификатору промышленной и сельскохозяйственной продукции» и группы по классификатору стандартов;
- проверку правильности построения, изложения, оформления ТУ, кроме ТУ других государств, в соответствии с требованиями ТКП 1.3 и (при необходимости) стандартов ЕСКД (ГОСТ 2.104, ГОСТ 2.105, ГОСТ 2.113, ГОСТ 2.114, ГОСТ 2.301, ГОСТ 2.503) и ГОСТ 28388;
- проверку правильности применения ссылок на действующие нормативные документы;
- проверку правильности применения условных обозначений, сокращений и других языковых и знаковых средств в соответствии с требованиями действующих нормативных документов;
- проверку правильности применения терминов, в том числе метрологических в соответствии с определениями, установленными для них действующими нормативными документами;
- проверку правильности выбора, полноты и обоснованности номенклатуры обязательных требований;
- анализ и оценку соответствия требований обязательным требованиям действующих стандартов, распространяющихся на данную продукцию, и нормативным актам Республики Беларусь;
- проверку увязки приведенных в ТУ требований к продукции с показателями и характеристиками комплектующих изделий, сырья и материалов;

- проверку обеспеченности контролем, правильности установления методов контроля и испытаний всех параметров, норм, требований и характеристик продукции;
- проверку правильности выбора, назначения и применения средств измерений и испытательного оборудования;
- проверку полноты и правильности требований к метрологическим характеристикам средств измерений;
- проверку полноты, правильности установления правил приемки продукции для обеспечения контроля всех приведенных в ТУ параметров, норм, требований и характеристик продукции;
- проверку правильности наименований и обозначений единиц физических величин в соответствии с ГОСТ 8.417;
- оценку полноты внесения изменений в ТУ по обязательным требованиям, проверку правильности внесения изменений в ТУ в соответствии с требованиями ТКП 1.3 и ГОСТ 2.503.

Замечания эксперта и предложения по совершенствованию документа, изложенные в заключении, должны быть обоснованы.

В приложении 6 к РД РБ 03180.48-98 приведена форма «Заключения по результатам экспертизы технических условий».

12. МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ И СТАНДАРТИЗАЦИОННАЯ ЭКСПЕРТИЗА МАТЕРИАЛОВ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В условиях производства выполнение научно-исследовательской работы (НИР) с последующим составлением отчета – скорее исключение, чем правило. Однако прямая производственная необходимость заставляет проводить исследования технологических процессов и нового оборудования, включая испытания новых изделий, метрологическую аттестацию средств измерений и методик выполнения измерений, градуировку средств измерений, их калибровку. Строго говоря, поверка средств измерений тоже является исследовательской работой, отличительным признаком которой является жестко фиксированная методика исследований, поскольку это типовые исследования, многократно воспроизводимые по апробированной методике.

В РМГ 63 как объекты метрологической экспертизы обозначены *отчеты о научно-исследовательских работах, программы и методики испытаний*. Эти упоминания подразумевают проведение метрологической и стандартизационной экспертизы собственно научно-исследовательских работ (НИР), включая испытания. Поскольку разработчики РМГ 63 под метрологическим контролем понимают нормоконтроль в области соблюдения стандартов ГСИ, то соответствующим образом представлены объекты особого внимания экспертов.

«В отчете о научно-исследовательской работе (далее — НИР) основными объектами анализа при метрологической экспертизе являются измеряемые величины, методики выполнения измерений (включая процедуры обработки результатов измерений), используемые средства измерений, погрешность измерений. В отчетах о НИР, связанных с разработкой средств измерений, ИИС и АСУТП, кроме перечисленных объектов, анализируют возможность поверки (калибровки) средств измерений и измерительных каналов, эффективность встроенных подсистем контроля работоспособно-

сти измерительных каналов и контроля достоверности поступающей от датчиков измерительной информации. При этом оценивают, насколько эффективно используют информационную избыточность, возникающую как результат связей между измеряемыми параметрами и многократными измерениями».

Такое перечисление объектов экспертизы не определяет ее состав и порядок проведения, оставляя планирование и выполнение работ на усмотрение эксперта. Кроме того, «*анализ возможности поверки (калибровки) средств измерений*» не входит в задачи экспертизы, если методики этих метрологических мероприятий не включены в текст отчета о НИР. При использовании аттестованных средств измерений ставить под сомнение эффективность методик поверки (калибровки, аттестации) СИ следует только в исключительных случаях, а для стандартизованных СИ это просто некорректно.

Упоминание «*эффективного использования информационной избыточности, возникающей как результат связей между измеряемыми параметрами и многократными измерениями*» требует пояснений, поскольку используемая информация не является избыточной, а «*связи между измеряемыми параметрами и многократными измерениями*» просто не существуют. Если подразумевается попытка оценить минимально необходимое число повторных наблюдений при измерениях, то такая задача может быть поставлена перед экспертом, но решение ее, как правило, требует проведения специальных экспериментальных исследований, которые не вполне укладываются в рамки экспертизы. Эксперт может поставить под сомнение достаточность выбранного числа повторных наблюдений при измерениях, но отвечать на этот вопрос должен исполнитель исследовательской работы.

Метрологическая экспертиза испытаний (проводится по таким документам как программа и методика испытаний) не имеет принципиальных отличий от экспертизы любых других экспериментальных исследований. В РМГ 63 не вполне корректно сказано: «*В протоколах испытаний обычно не*

излагают методики выполнения измерений и не приводят характеристики погрешности измерений. В таких протоколах дают ссылки на соответствующие документы». При экспертизе методики испытаний особое внимание следует уделить вопросам обеспечения нормированных воздействий на объект испытаний, воспроизведению воздействующих физических величин (аргументов) и контролю их значений. Эти элементы исследований могут быть отражены в самой методике испытаний или представлены «ссылками на соответствующие документы». Если эти документы разработаны и утверждены в установленном порядке, они не рассматриваются как объект экспертизы самих испытаний.

В экспертизе материалов научных исследований много общего с экспертизой больших текстовых материалов, хотя в них могут встречаться схемы, чертежи, диаграммы графики. Стандартизационная экспертиза материалов научных исследований, представленных отчетом о научно-исследовательской работе, предусматривает проверку соответствия формы и состава отчета требованиям ГОСТ 7.32. Кроме того, особое внимание следует обратить на правильность наименований и обозначений физических величин, форм представления результатов измерений, представления метрологических характеристик средств измерений.

Часто по неаккуратности исследователи не различают массу и вес (силу), нечетко формулируют понятия отрезков времени и «моментов времени», забывая, что время оценивают по шкале интервалов и «момент времени» – точка на определенном расстоянии от выбранного нуля. В описаниях средств измерений (как было отмечено выше) диапазон измерений путают с диапазоном показаний, представляют диапазон одним (верхним) пределом, порог чувствительности называют «разрешающей способностью», силу действия измерительного наконечника на объект называют «измерительным усилием». Особенно часто встречаются ошибки в описаниях метрологических характеристик средств измерений с дискретным выходом: пишут о «диапазоне пока-

заний», который для подобных приборов заменен видом выходного кода и числом разрядов этого кода, номинальную ступень квантования называют «дискретностью» или «величиной дискретности», либо еще как-нибудь. Встречаются и иные ошибки.

Метрологическая и стандартизационная экспертиза результатов экспериментальных исследований включает анализ содержания и формы представления этих результатов. В них должны быть учтены доверительные интервалы результатов измерений, которые должны быть много меньше доверительных интервалов результатов эксперимента.

Современные формы представления результатов измерений должны в обязательном порядке включать характеристики погрешностей измерений и/или их неопределенности. Если описываются методики выполнения измерений (МВИ), то их построение должно соответствовать требованиям стандарта ГОСТ 8.010. Погрешность измерений должна быть представлена в описании МВИ или определена в ходе исследований, что фиксируется при описании измерительного эксперимента. Применяемые средства измерений должны быть метрологически исправными, что подтверждается упоминанием об их поверке, калибровке или метрологической аттестации.

Содержательная экспертиза должна включать проверку корректности проведенного анализа априорной информации и логичности выдвинутой гипотезы, постановки цели и основных задач исследования. При экспертизе методики исследований и описания экспериментов особое внимание следует обращать на методики выполнения измерений в части правильности оценки реализуемой погрешности и ее соответствия точности и достоверности полученных экспериментальных данных. Более подробно эти вопросы рассмотрены в главе «Научные основы метрологической экспертизы». В ней рассматриваются методы определения допустимых погрешностей измерений при экспериментальном определении тенденций и выявлении более строгих зависимостей.

Эксперт может анализировать достоверность полученных в ходе исследований оценок распределения исследуемой величины при ее многократном воспроизведении, основываясь на удовлетворительном соотношении ее размаха и реализуемой погрешности измерений. Аналогичным путем оценивают достоверность полученного при исследованиях характера изменений исследуемой величины.

Измерения в ходе исследований осуществляются для решения разных конкретных задач, хотя преследуют общую цель – **получение адекватной экспериментальной модели исследуемого объекта**. Сложность разработки методики выполнения измерений для построения такой модели определяется как объективными причинами (фактор недостаточности знаний об объекте), так и субъективными (фактор непонимания).

К объективным сложностям относится недостаточность априорной информации. Уменьшить влияние «фактора незнания» помогают теоретические исследования, удачная гипотеза и обязательно – корректировка метрологической модели исследуемого объекта и методики измерений, проводимая по результатам, полученным в ходе проведения исследований. «Фактор непонимания» в значительной степени обусловлен недостаточной квалификацией исследователя, который может попытаться делать выводы при недостатке объективной информации.

Рассмотрим возможности совершенствования экспериментальных исследований за счет использования метрологического моделирования объектов измерений. Метрологические модели объектов исследований, параметры которых подлежат измерениям, строят на основе анализа, причем обязательно различению подлежат:

- однократно (или многократно) измеряемая единичная физическая величина, принадлежащая объекту исследования;
- множество номинально одинаковых физических величин, многократно воспроизводимых на одном объекте исследования;

- множество номинально одинаковых многократно воспроизводимых объектов исследования с множествами принадлежащих им физических величин;
- множество номинально отличающихся объектов исследования с множествами принадлежащих им физических величин.

Один объект исследований (как любой объект измерений) может характеризоваться единичным либо бесконечно наполненным множеством измеряемых величин. Например, максимальная температура некоторого объекта в ходе любого из одиночных экспериментов бывает только одна (по определению), а температурное поле имеет бесконечное число температур, распределенных в пространстве и времени. Если исследованию подлежит максимальная температура деталей после определенной технологической операции, то мы имеем дело с номинально одинаковыми единичными физическими величинами, каждая из которых принадлежит одному из номинально одинаковых объектов. Если же исследованию подлежит температурное поле деталей, то метрологическая модель поля представляет собой ограниченное множество одноименных физических величин в определенных пространственных и/или временных сечениях. Такую модель обычно строят в ходе исследований методом проб и ошибок.

Наибольшую сложность для построения метрологических моделей объектов в анализируемом исследовании будут представлять изменения температурных полей при использовании разных технологических режимов, поскольку при этом могут изменяться не только количественные значения физических величин, но и качественные параметры моделей. Известными примерами исследований, связанных с температурой, являются эксперименты в области температур, близких к температуре плавления обрабатываемого материала.

Сложности построения метрологических моделей объектов исследования заключаются в отсутствии нормативной модели объекта, следовательно,

в невозможности прогнозировать различия номинально одинаковых параметров или изменения переменных параметров. Только знание различий и критериев их значимости позволяет выбрать допустимую погрешность измерения, и тем обеспечить потенциальную возможность построения экспериментальной модели, которая **адекватна исследуемому объекту** с точки зрения поставленной исследовательской задачи.

Ниже представлены рекомендации по выбору методик выполнения измерений для исследования точности технологических процессов с позиций обеспечения точности и достоверности результатов исследований.

Исследование точности технологического процесса – одна из наиболее часто встречающихся задач, которую приходится решать при сопоставлении нескольких конкурирующих процессов или при оценке качества вновь разработанных технологий. В ходе исследований необходимо ответить на вопрос о том, что представляет собой физическая величина, характеризующая параметр исследуемого объекта. Например, при обработке цилиндрической поверхности детали ее поперечные размеры могут значительно отличаться. В таком случае сравнение нескольких деталей одной выборки по размерам разных поперечных сечений может быть неправомерным, а заключения о тенденциях исследуемого техпроцесса некорректными. К сожалению, в литературе, посвященной планированию эксперимента, отсутствуют рекомендации по выбору методик выполнения измерений (МВИ) для исследования точности технологических процессов обработки деталей, в том числе рекомендации в отношении выбора допустимой погрешности измерений.

Использование для выбора МВИ нормативного документа РД 50-98–86 при исследовании точности техпроцессов изготовления деталей осложняется тем, что его целевое назначение не соответствует поставленной задаче исследований. Поскольку объектом исследования является неизвестное рассеяние исследуемого параметра, а его допуск T отсутствует, нельзя назначить допу-

стимулю погрешность измерений $[\Delta]$, исходя из традиционного метрологического соотношения $[\Delta] \leq (1/5 \dots 1/3)T$.

При измерениях параметров в ходе исследования точности технологического процесса допустимую погрешность определяют, исходя из конкретной цели исследований. Иллюстрацией целей и задач, возникающих при исследовании точности технологических процессов, служит таблица 12.1.

Рассеяние многократно воспроизводимой физической величины при исследовании точности технологического процесса включает в себя рассеяние номинально одинаковых параметров на каждой из обработанных поверхностей R_n и рассеяние тех же параметров на партии или выборке деталей R_N .

При этом возможны разные соотношения между R_n и R_N , причем выявление этих соотношений в ходе эксперимента может привести к необходимости коррекции методики исследований.

При исследовании точности многократного воспроизведения физической величины задачу можно ограничить оценкой размаха R , или расширить вплоть до выявления вида и числовых характеристик рассеяния исследуемой величины. В первом случае удовлетворительным решением задачи может быть соотношение

$$R' \approx 2\Delta,$$

где R' – оценка рассеяния исследуемого параметра (размах результатов измерений), включающая погрешности измерений и собственно рассеяние значений параметров, получаемых в ходе техпроцесса;

Δ – предельное значение погрешности измерений параметра.

В соответствии с этим соотношением можно принять

$$\Delta \leq R'/2. \quad (12.1)$$

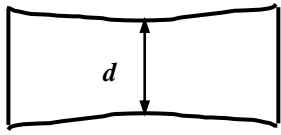

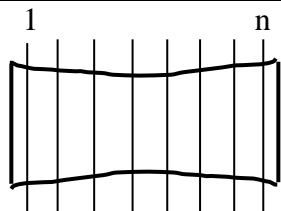
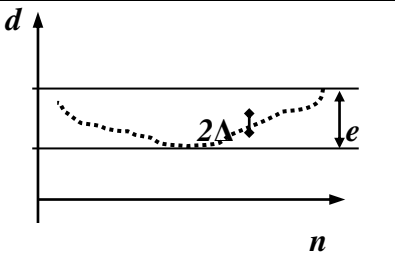
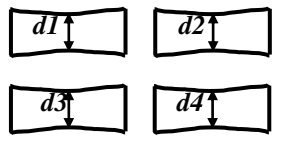
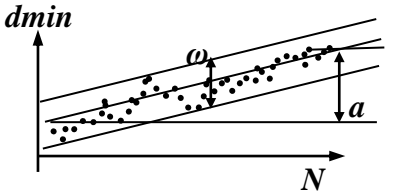
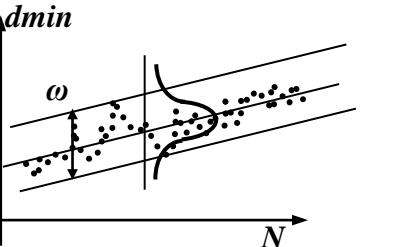
Можно считать, что

$$R' = R_Q * \Delta,$$

где R_Q – оценка собственно рассеяния значений параметров, получаемых в ходе техпроцесса;

* – знак комплексирования собственного рассеяния значений исследуемых параметров и погрешности их измерений Δ .

Таблица 12.1 – Объекты и условия исследований точности технологического процесса

Объекты измерений	Графическое представление результатов измерений	Необходимые условия	Желательные результаты
 <p>одна ФВ одного объекта</p>		$\Delta_m \ll \Delta$ (методическая погрешность не является доминирующей составляющей погрешности измерений)	Оценка погрешности измерений физической величины
 <p>n ФВ одного объекта</p>		$\Delta \ll e$ (погрешность измерений много меньше погрешности формы)	Оценка точности технологической операции (погрешности формы)
 <p>..... n ФВ каждого из N объектов</p>		Валидность $di\ min$ (наличие параметра в соответствующем сечении каждой детали), $a > \omega$, (значение смещения тенденции a существенно превышает ширину поля практического рассеяния)	Первичные оценки точности технологического процесса (ω, a, \dots)
		$\Delta \ll \omega$ (погрешность измерений много меньше ширины поля практического рассеяния)	Дополнительные оценки точности технологического процесса (ω , вид распределения)

Поскольку всегда $R_Q \leq R'$, то можно утверждать, что $R_Q \leq 2\Delta$, т.е. практическое поле рассеяния R_N всех полученных в ходе техпроцесса параметров

не превышает удвоенной погрешности измерений. Можно также считать, что практическое поле рассеяния полученных параметров значительно меньше погрешности измерений, поскольку оценка R' в основном определяется погрешностью измерений. Если полученное решение является достаточным (исследователя устраивает выявленный порог точности технологического процесса), то в рамках поставленной задачи предел реализованной погрешности можно принять за допустимое значение погрешности измерения, т.е. $[\Delta] = \Delta$.

Если же в соответствии с поставленной задачей исследований нам необходимо выяснить соотношения между R_n и R_N , вид случайного распределения параметров внутри одного из этих размахов, наличие тенденций изменения центров группирования параметров и т.д., принятую в предыдущем случае точность измерений нельзя считать удовлетворительной.

Более подробные исследования требуют решения одной или нескольких частных задач, включающих:

1. Оценку погрешности измерений, реализуемой в ходе применения выбранной МВИ.
2. Исследование рассеяния номинально одинаковых параметров одной детали.
3. Исследование изменений номинально одинаковых параметров деталей при многократном воспроизведении технологического процесса.

Для решения первой задачи необходимы многократные измерения одной и той же физической величины. Решение такой задачи в метрологическом плане после исправления результатов измерений нормировано стандартом ГОСТ 8.207. Решая такую задачу, получают оценку случайной составляющей погрешности Δ применяемой МВИ. Корректность результата обусловлена правильностью оценки систематических составляющих погрешности измерений. При неправильной оценке систематической составляющей она может оказаться доминирующей составляющей погрешности измерений и

будет маскировать искомую погрешность. Поэтому в сложных случаях методу и результаты исследований желательно представить на экспертизу специалисту-метрологу.

Решение второй задачи направлено на построение реалистической модели обрабатываемой поверхности. В метрологическом плане задача соответствует измерениям множества номинально одинаковых физических величин, принадлежащих одному объекту. Для обеспечения достоверности результатов необходимо проводить исследования на выборке деталей, представительность которой определяют в ходе эксперимента. Итогом исследований в данном случае является стохастическая или детерминированная модель объекта измерений, в соответствии с которой строится уточненная МВИ.

Если различия номинально одинаковых параметров детали носят стохастический характер, появляется принципиальная возможность построить эмпирическую кривую их распределения. Для этого методом последовательных приближений выбирают более точные МВИ, чтобы достичь значения погрешности измерений Δ пренебрежимо малого по отношению к размаху R_n ($\Delta \ll R_n$). Такое соотношение позволяет не только оценить размахи R_n , но и построить гистограмму и полигон распределения. Исходя из практических соображений, для построения гистограммы размах разбивают на 8...12 интервалов, следовательно, выбранная МВИ в соответствии с зависимостью (7.7) должна обеспечить соотношение

$$[\Delta] \leq (R'/12 \dots R'/8), \quad (12.2)$$

поскольку в этом случае можно считать, что $R_n \approx R'$.

Если в ходе исследования номинально одинаковых параметров детали окажется, что получаемые поверхности детали имеют единообразные закономерности отклонений формы (например, седлообразность номинально цилиндрических поверхностей, выпуклость номинально плоских поверхностей и т.п.), то появляется возможность построить уточненную реалистическую модель объекта измерений. В таком случае точность техпроцесса можно от-

слеживать по результатам измерений одного или нескольких характерных сечений каждой из последовательно обрабатываемых деталей (см. таблицу 12.1).

Адекватная экспериментальная модель объекта измерений обеспечит существенное уменьшение объема исследований практически без потери информации, а представительность исследований обеспечивается достаточным объемом выборки. Для повышения информативности исследования можно определить необходимое число и расположение контрольных сечений и выбрать такую допустимую погрешность измерений, которая позволяет уверенно оценивать отклонения формы обрабатываемых поверхностей, например

$$[\Delta] \leq R_f/3, \quad (12.3)$$

где R_f – размах отклонений формы.

Третья задача исследований соответствует измерениям множества номинально одинаковых физических величин, принадлежащих разным однотипным объектам. Целью является исследование воспроизводимости параметров в партии деталей при многократном повторении технологического процесса. Для корректного выполнения таких исследований необходимо использовать полученную в ходе решения второй задачи исследований экспериментальную модель объекта измерений, которая должна обеспечить сопоставимость результатов измерений всех деталей выборки или генеральной совокупности.

Адекватная модель позволит значительно уменьшить необходимый объем исследований за счет осуществления измерений в ограниченном до минимума числе контрольных сечений, например, для характеристики седлообразной детали можно ограничиться измерениями всех деталей выборки только в одном среднем сечении. Результатом исследований будет заключение о стабильности технологического процесса. Изменения параметров последовательно получаемых деталей могут носить стохастический или детерминированный характер. При стохастическом характере изменений контро-

лируемых параметров для максимальной полноты информации желательно обеспечить соотношение реализуемой погрешности измерений Δ и размаха R_N

$$\Delta \approx (R_N/12 \dots R_N/8), \quad (12.4)$$

или, считая, что $R_N \approx R'_N$, а $[\Delta] \approx \Delta$, можно перейти к выражению

$$[\Delta] \leq R'_N/8. \quad (12.5)$$

Если исследователя устроит такая оценка рассеяния параметров как собственно размах результатов измерений R'_N , его можно достоверно оценить при существенно менее жестком соотношении, например,

$$\Delta \approx (R'_N/5 \dots R'_N/3). \quad (12.6)$$

Если характер изменения параметров последовательно получаемых деталей можно описать функциональной зависимостью (обычно это монотонное изменение), достоверные результаты исследования точности технологического процесса получают при соотношении, которое формально описывают зависимостью $[\Delta] \leq R'_N/3$. Но в данном случае изменение результатов измерений R'_N включает и стохастическую составляющую, и последствия прогрессирующей тенденции.

Для того чтобы получить благоприятное соотношение, можно либо уменьшить погрешность измерений, что не всегда рационально, либо увеличить выборку, что автоматически приведет к увеличению размаха R'_N полученных результатов за счет роста прогрессирующей составляющей.

Выбор методик выполнения измерений для экспериментальных исследований точности технологических процессов на основании предложенных принципиальных подходов схематически представлен на рисунке 12.1. Использование предложенных зависимостей (12.1...12.6) позволит при корректной постановке задач измерений получать достоверную информацию о качестве исследуемых процессов.

Особое внимание в содержательной части экспертизы следует уделить выводам и рекомендациям, которые обычно завершают отчет о НИР.

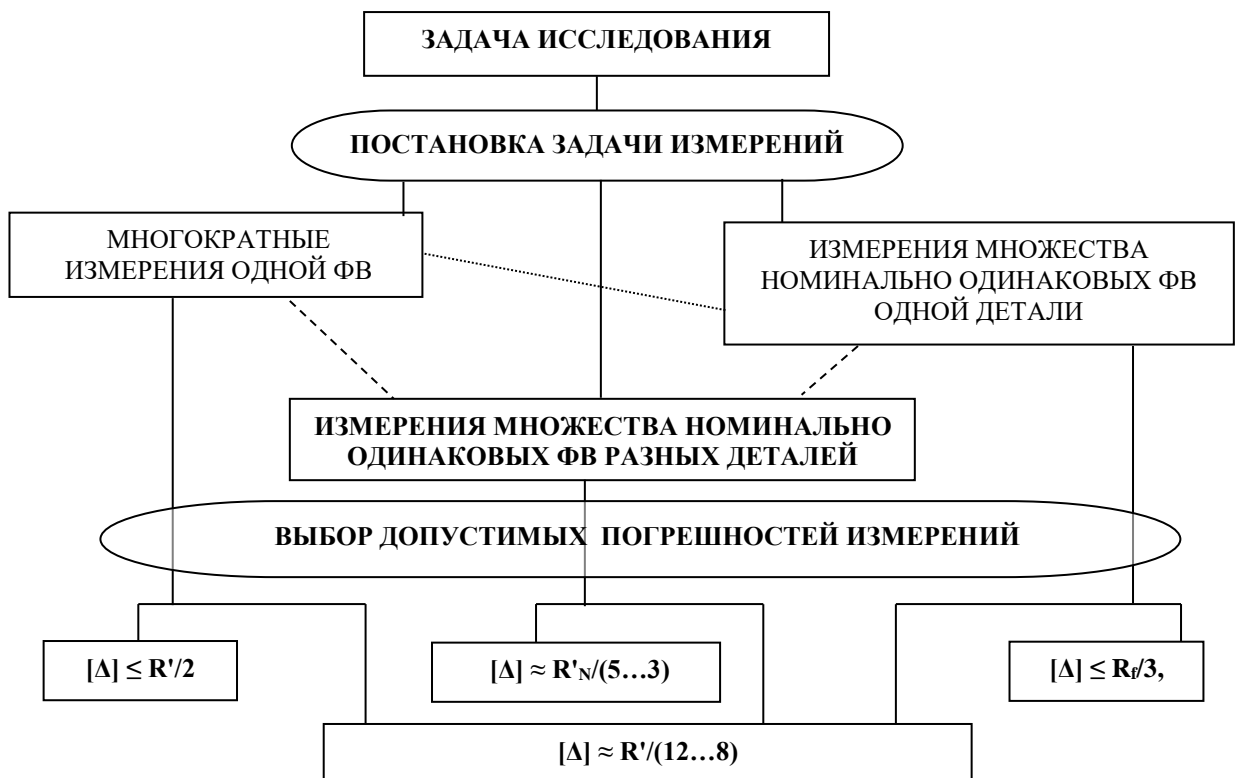


Рисунок 12.1 – Алгоритмическая инструкция выбора допустимых погрешностей измерений при экспериментальных исследованиях

Выводы, представляют собой краткое обобщение результатов исследований. Не следует смешивать выводы с констатацией выполненных работ, которая приводится в заключительной части описания исследований. Фраза «Проведены исследования точности обработки дисков» — не вывод, а констатация факта. Вывод может быть сформулирован следующим образом: «Исследование точности обработки дисков с использованием предложенной методики показало, что отклонения от плоскостности не превышают 5 мкм».

При написании выводов необходимо соблюдать следующие правила.

1. Выводы должны быть краткими.
2. Содержание выводов должно соответствовать поставленным целям и задачам исследования.
3. Из полученных результатов исследований должны быть сделаны все возможные выводы.

4. Каждый вывод должен вытекать непосредственно из результатов исследований и не требовать дополнительных доказательств.

5. Выводы, не получившие достоверного подтверждения непосредственными данными эксперимента, должны формулироваться в предположительном виде («можно ожидать», «можно предположить» и т.д.).

6. Не должно быть выводов, которые можно сделать, не проводя исследований.

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) технологический процесс обработки дисков можно использовать для получения торцовых поверхностей восьмой степени точности».

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.

Особенности моделирования процессов измерений в ходе экспериментальных исследований

Измерения в ходе экспериментальных исследований осуществляются для получения такой модели исследуемого объекта, которая описывает его адекватно поставленной исследовательской задаче. Например, форма Земли для описания климатических явлений может быть представлена сферической моделью, хотя повышение точности измерений позволило предложить более строгую модель (не сферу, а геоид).

Модели объектов, которые положены в основу разработки методики исследований, подлежат функциональной метрологической экспертизе. Не-

достаточно высокая квалификация исследователя, непонимание свойств исследуемых объектов и проблем их измерений, могут привести к следующим типовым ошибкам:

- некорректная или принципиально неправильная постановка задачи исследования;
- неправильный выбор готовых или разработка не вполне корректных новых методик выполнения измерений;
- неправильная обработка результатов исследований;
- неправильные выводы (в том числе и из-за неверной интерпретации правильных результатов).

Рассмотрим эти ошибки, а также возможности их обнаружения и устранения за счет использования метрологического моделирования процессов измерений. Очевидно, что для успешного проведения экспериментального исследования необходимо разработать **правильные методики выполнения измерений**, предназначенные для решения корректно поставленной исследовательской задачи.

Неправильная постановка задачи исследования рассмотрению не подлежит, поскольку создает тупиковую ситуацию, в которой метрологические модели бесполезны. Некорректная постановка задачи исследования приводит к ошибкам в разработке метрологических моделей объектов и методик выполнения измерений их параметров или к ошибочному применению добротных, но не подходящих для конкретного случая методик. Так при исследовании точности нового технологического процесса обработки длинных цилиндрических поверхностей, прежде чем ставить задачу определения различий между последовательно обрабатываемыми деталями в партии, необходимо убедиться в «одинаковости» геометрических характеристик в пределах обрабатываемой поверхности каждой детали или однотипности искажения этих характеристик.

Стабильность качественных характеристик объектов измерений позволит разработать адекватные исследуемым объектам метрологическую модель и методику выполнения измерений. Например, если все детали получаются конусообразными (реалистическая модель объекта измерений), то для характеристики партии деталей можно измерять и сравнивать соответственно минимальные, средние и максимальные диаметры деталей в каждой партии. Сопоставление обезличенных размеров, полученных при измерениях деталей партии в крайних сечениях, может существенно исказить исследуемую картину.

Неправильный выбор методики выполнения измерений может выражаться в неправильном выборе допустимой погрешности измерений и/или неправильной оценке реализуемой погрешности. Неграмотность в разработке методик выполнения измерений часто приводит к появлению настолько больших погрешностей (методических, субъективных, «погрешностей условий»), что они маскируют или существенно искажают исследуемый эффект. Правильному решению задач выбора и разработки методик выполнения измерений способствует разработка и анализ метрологических моделей процессов измерений.

Интересующие нас ошибки при обработке результатов исследований в первую очередь касаются неправомерного объединения **рассеяния измеряемых физических величин** при многократном их воспроизведении и **погрешностей измерений этих величин**, на что далеко не всегда обращают внимание исследователи. Необходимо всегда помнить, что во всяком экспериментальном исследовании точность результатов обеспечивается **как точностью повторно проводимых экспериментов, так и точностью фиксации результатов (погрешностями измерений)**. Если нет ошибок в выборе и применении методик выполнения измерений, то известные оценки реализуемой погрешности легко сопоставить с изменениями результатов при активных экспериментах (с управляемыми аргументами) или пассивных (с фикси-

руемыми аргументами). Сама точность управления аргументами и/или фиксации их значений как всякие результаты измерений тоже подлежит метрологической оценке.

Неправильные выводы из результатов эксперимента часто делаются из-за недостаточной метрологической грамотности исследователя (искаженные результаты исследований приводят к неправильным оценкам и выводам), но даже совершенно правильные метрологические модели правильность выводов не гарантируют. Например, можно сколь угодно точно измерять высоту и время падения «тяжелых» и «легких» тел, но в зависимости от особенностей постановки эксперимента и первоначальной гипотезы делать разные выводы (как Аристотель, что Земля сильнее притягивает тяжелые тела, либо как Галилей, что земное притяжение для всех материальных тел одинаково).

Задачи исследований, которые в значительной мере определяют выбор не только методики исследований, но и методик выполнения измерений параметров объектов исследований, могут включать:

- изучение постоянства свойств объектов (объекта) исследований при многократном воспроизведении, длительной работе или хранении;
- исследование изменения объекта исследования при изменении контролируемых аргументов эксперимента.

«Постоянство объекта» может характеризоваться неразличимостью соответствующих физических величин или же незначимым их стохастическим рассеянием при многократном воспроизведении. Изменения свойств объектов могут быть плавными (континуальными) или скачкообразными (дискретными). При этом характер изменений может изменяться от простейшего (монотонного) до весьма сложного, раскладываемого на монотонные и периодические составляющие, аппроксимируемые полиномами, рядами Фурье и т.д.

Предложенные выше модели вместе с описанием выбора погрешностей измерений при экспериментальных исследованиях (выбор описан в главе 7 и в настоящей главе) позволяют не только разрабатывать конкретные модели,

но и проводить метрологическую экспертизу результатов экспериментальных исследований.

Проведенный анализ проблем метрологической экспертизы исследовательских работ позволяет предложить следующие рекомендации:

1. Метрологическую экспертизу экспериментальных исследований следует рассматривать как необходимое условие обеспечения достоверности результатов исследований.

2. Для экспертизы экспериментальных исследований желательно создание моделей измеряемых объектов, измерительных операций, процессов измерений и других измерительных процедур. Возможно также использование моделей применяемых средств измерений.

3. Построение метрологических моделей можно рассматривать как обязательное условие корректной постановки, решения и экспертизы измерительных задач.

4. Целенаправленное проектирование метрологических моделей при метрологической экспертизе объектов, средств и процессов измерений следует рассматривать как эффективное средство, позволяющее рассмотреть задачи измерений в новом ракурсе.

5. Метрологические модели полезно применять для выявления и оценки методических составляющих погрешности измерений, что представляет собой одну из наиболее сложных задач метрологии.

6. При решении любой задачи измерений создание экспериментальной метрологической модели объекта необходимо, вне зависимости от того, существует ли нормативная модель (типично для задач измерительного контроля деталей, процессов, технологического оборудования и средств измерений, идентификации объектов и др.) или ее нет (задачи измерений при различных экспериментальных исследованиях).

7. Моделирование процессов измерений, проводимых в ходе экспериментальных исследований должно опираться на корректные модели исследо-

ваний, причем квалифицированная метрологическая экспертиза в ряде случаев позволяет обеспечить требуемую точность исследований, а также повысить объективность и достоверность их результатов.

13. МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ И СТАНДАРТИЗАЦИОННАЯ ЭКСПЕРТИЗА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ И МЕТОДИК ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

Особенности экспертизы средств измерений и метрологических процедур, в которых они применяются, заключаются в проверке соблюдения требований стандартов ГСИ и анализе погрешностей.

Для средств измерений максимальное внимание следует уделять экспертизе их метрологических характеристик (МХ). При представлении метрологических характеристик встречаются следующие типовые ошибки:

- отсутствие необходимых характеристик;
- неправильные наименования характеристик, включая приписывание несуществующих характеристик.

Метрологические характеристики определены РМГ 29 – 99, а назначаемые для средств измерений разных видов комплексы метрологических характеристик определены в ГОСТ 8.009 – 84. При использовании интегральных метрологических характеристик следует помнить, что *градуировочная характеристика средства измерения (зависимость между значениями величин на входе и выходе средства измерений, полученная экспериментально)* отличается от номинальной статической характеристики наличием погрешностей. Каждая из этих характеристик может быть выражена в виде формулы, графика или таблицы.

Частные метрологические характеристики весьма разнообразны и часть из них представляет интерес для пользователя, другие принципиально важны только для разработчиков средств измерений. К последним можно отнести такие как:

- *длина деления шкалы – расстояние между осями (или центрами) двух соседних отметок шкалы, измеренное вдоль воображаемой линии, проходящей через середины самых коротких отметок шкалы;*

- *длина шкалы – длина линии, проходящей через центры всех самых коротких отметок шкалы средства измерений и ограниченной начальной и конечной отметками;*
- *чувствительность средства измерений – свойство средства измерений, определяемое отношением изменения выходного сигнала этого средства к вызывающему его изменению измеряемой величины.*

К частным характеристикам, важным и для пользователя, и для разработчиков можно отнести следующие:

- *диапазон измерений средства измерений;*
- *диапазон показаний средства измерений;*
- *вариация показаний измерительного прибора;*
- *порог чувствительности средства измерений (кроме этого термина на практике применяются также термины «порог реагирования», «порог подвижности», «срабатывание», «порог срабатывания» и «пороговая чувствительность», которые следует рассматривать как синонимы, не подлежащие применению);*
- *зона нечувствительности средства измерений; (иногда эту зону называют мертвой).*

Для выбора номенклатуры и назначения метрологических характеристик следует четко определить вид конкретного средства измерений, поскольку для разных СИ используют различные МХ и комплексы МХ. Средства измерений делят на осуществляющие измерительное преобразование (измерительные преобразователи, измерительные приборы и др.) и не осуществляющие измерительное преобразование (меры). В свою очередь меры могут быть однозначными или многозначными, а многозначные могут представлять собой механическое объединение однозначных мер (двухпредельный калибр, угловая мера с тремя или более рабочими углами) или штриховой (линейка, транспортир, измерительный сосуд).

Для однозначной меры набор метрологических характеристик включает значение меры Y и характеристики погрешностей меры, а для многозначной штриховой меры, измерительного преобразователя или прибора состав комплекса МХ значительно расширен, а сами комплексы могут существенно различаться между собой.

Метрологические характеристики средств измерений по ГОСТ 8.009 – 84 делят на следующие группы:

- *характеристики, предназначенные для определения результатов измерений (без введения поправки);*
- *характеристики погрешностей СИ;*
- *характеристики чувствительности СИ к влияющим величинам;*
- *динамические характеристики СИ;*
- *неинформативные параметры выходного сигнала СИ.*

При необходимости также могут нормироваться и «характеристики СИ, отражающие их способность влиять на инструментальную составляющую погрешности измерений вследствие взаимодействия СИ с любым из подключенных к их входу или выходу компонентов (таких как объект измерений, средство измерений и т.п.)».

Две первые группы МХ должны входить в состав комплекса характеристик любого СИ, остальные нормируют по необходимости. Необходимость включения тех или иных МХ в состав представляемого комплекса характеристик оценивают экспертным методом.

Значительное число ошибок, связанных с неправильными наименованиями характеристик или с использованием нестандартных терминов, встречается при описании средств измерений с дискретным выходом («цифровых СИ»).

Так для приборов с дискретным устройством отображения измерительной информации обычно не нормируют непосредственно диапазон показаний, который определяется *видом выходного кода* и *числом разрядов кода*,

хотя бывают и исключения. Код может быть десятиричный (десятичный), как у штангенциркулей или мультиметров, либо например, применяемые в «цифровых» часах двенадцатиричный и двойной двенадцатиричный (для числа часов в сутках), шестидесятиричный (для числа минут в часах или секунд в минутах), семиричный код (для дней недели). Могут применяться и другие коды, например, в приборах для измерений углов (360° для развернутого угла), двоичные, восьмиричные и иные – в дискретных измерительных преобразователях.

Для приборов с дискретным устройством отображения измерительной информации на цифровом табло важно также предельное число знаков на табло, в том числе цифр (число разрядов выходного кода) и других (не цифровых) знаков. Существенными признаками выходной информации являются виды знаков и их содержание, например, наличие фиксированной или плавающей разделительной десятичной запятой (точки), минуса, знака переполнения или неправильного подключения прибора и др.

У приборов с дискретным устройством отображения измерительной информации может отсутствовать цена деления шкалы, тогда ее место занимает *цена единицы наименьшего разряда кода* либо *номинальная ступень квантования*, если она больше цены единицы наименьшего разряда кода. Номинальная ступень квантования – наименьшее изменение измеряемой величины, на которое прибор реагирует сменой показаний на цифровом табло или ином устройстве отображения информации. Наименьшее значение номинальной ступени квантования совпадает с ценой единицы наименьшего разряда, а любое иное должно быть кратно этому значению. В случае десятичного выходного кода, как правило, применяют множители кратности 2 или 5 (номинальная ступень квантования равна двукратному либо пятикратному значению цены единицы наименьшего разряда кода).

Приборы с дискретным выходом могут иметь устройства отображения измерительной информации типа шкала-указатель со всеми присущими им

атрибутами (цена деления шкалы, диапазон показаний, пределы шкалы или диапазон шкалы, длина деления шкалы). Например, часы с шаговым двигателем и центральной секундной стрелкой имеют три указателя для одной шкалы, три диапазона показаний (от нуля до шестидесяти для числа секунд в минутах или минут в часах плюс от нуля до двенадцати для числа часов в сутках) и три цены деления (одна секунда, одна минута и одна пятая часа).

Бывает, что диапазон измерений путают с диапазоном показаний, что особенно характерно для измерительных головок, предназначенных для линейных измерений. Диапазон измерений в этом случае определяется вспомогательными устройствами (стойки, штативы, скобы), в которые устанавливаются эти головки. В некоторых приборах, используемых для измерений методом непосредственной оценки, диапазон измерений меньше диапазона показаний (не на всем диапазоне показаний гарантирована паспортная погрешность прибора), что приводит к применению прибора на ограниченном участке диапазона показаний.

Для измерительных преобразователей диапазон и пределы преобразования могут вообще не устанавливаться, если они зависят не от самого преобразователя, а от устройств, с которыми он используется. Например, для тензопреобразователей, используемых в первичных измерительных преобразователях силы и деформаций, диапазон преобразуемых величин зависит не от самого тензопреобразователя, а от свойств применяемого упругого элемента.

Для некоторых первичных измерительных преобразователей диапазон преобразования может ограничиваться их физическими свойствами. Это касается термодпар, фотоприемников лучистой энергии, емкостных и других преобразователей.

Для преобразователей с дискретной (цифровой, числовой) выдачей сигнала измерительной информации вместо диапазона и пределов преобразований приходится использовать такие МХ, как вид выходного кода и число

разрядов выходного кода. Именно эти МХ ограничивают возможности выдачи сигнала измерительной информации сверху и снизу.

Приписывание средствам измерений несуществующих метрологических характеристик, как правило, связано с невнимательностью разработчика. Кроме ситуаций, которые были рассмотрены выше, встречаются и другие ошибки. Так штриховым мерам приписывают *диапазон измерений* и *диапазон показаний*. Диапазон измерений многозначной штриховой меры сверху не ограничен (равен бесконечности). Вместо термина *диапазон показаний* для многозначных штриховых мер более корректно использование терминов «диапазон шкалы» и «пределы шкалы», поскольку указатель как элемент конструкции СИ в них отсутствует. Термины «диапазон шкалы» и «пределы шкалы» удобны также и для характеристики приборов с несколькими устройствами отображения информации типа шкала-указатель.

В описаниях средств измерений довольно часто представляют диапазон измерений одним (верхним) пределом, порог чувствительности называют «разрешающей способностью», силу действия измерительного наконечника на объект называют «измерительным усилием». Особенно часто встречаются ошибки в описаниях метрологических характеристик средств измерений с дискретным выходом: номинальную ступень квантования называют «разрешающей способностью», «дискретностью» или «величиной дискреты», а также другими терминами. В описаниях СИ в технической литературе, паспортах и даже нормативных документах не всегда различают понятия *погрешность* и *точность*. Точность средства измерений как интегральная характеристика может описываться классом точности прибора, например, индикаторы часового типа по ГОСТ 577 – 68 могут быть первого или нулевого классов точности.

Во избежание ошибок, связанных с нормированием и описанием МХ СИ разработчики и эксперты должны при первой необходимости обращаться к таким нормативным документам как РМГ 29 – 99 и ГОСТ 8.009.

Метрологическая экспертиза методик выполнения измерений (МВИ) описана в главе 10 (раздел «Постановка и решение задач метрологической экспертизы объекта на базе конструкторской документации»). Отличительной особенностью стандартизационной экспертизы МВИ является необходимость контроля достаточно подробного описания МВИ в соответствии с требованиями ГОСТ 8.010. Если эти требования не соблюдены, нормоконтролер фиксирует это как нарушение стандарта и предлагает исправить ошибки. Кроме того, нормоконтролер проверяет полноту и корректность представления метрологических характеристик используемых средств измерений. Основные МХ и типовые ошибки, встречающиеся в описаниях, были представлены выше.

При метрологической экспертизе методик выполнения измерений основное внимание следует уделять вопросам нормирования допустимой погрешности и оценки погрешности реализуемой. Нормирование допустимой погрешности измерений описано в главе 7 «Научные основы метрологической экспертизы».

К метрологическим мероприятиям, включающим описания МВИ, относятся также поверка средств измерений, их калибровка и градуировка. Поверка и калибровка средств измерений регламентированы стандартами Системы обеспечения единства измерений. В соответствии с требованиями стандартов разрабатываются и методики поверки и калибровки нестандартизованных средств измерений. Основное внимание метрологической экспертизы и в этих случаях должно быть направлено на вопросы нормирования допустимой погрешности поверки (калибровки) и оценки погрешности, допускаемой в ходе реализации исследуемой методики.

Несколько специфическим метрологическим мероприятием является *градуировка* средств измерений (*определение градуировочной характеристики средства измерений*). До сих пор в литературе и технической документации встречается нереконструируемый термин «тарировка СИ», который следует

рассматривать как нарушение стандарта. Определение градуировочной характеристики нестандартизованного СИ и оформление ее на шкале прибора соответствует понятию градуировки как метрологического мероприятия, поскольку в этом случае используют полученные в ходе исследований конкретные реализации зависимостей между величинами на входе и на выходе средства измерений.

Реализация функции преобразования может быть представлена в табличной или графической форме. Такая функция может быть характеристикой группы однородных СИ, либо реальной градуировочной характеристикой конкретного СИ. Градуировочная характеристика конкретного экземпляра преобразующего СИ может быть получена в виде единичной реализации, пучка реализаций или оценки, полученной в результате комплексирования пучка единичных реализаций.

Из сказанного ясно, что градуировка средства измерений представляет собой **исследование**, которое должно сопровождаться всеми атрибутами этого процесса, и метрологическая экспертиза которого должна осуществляться в соответствии с рекомендациями на МЭ исследований (они представлены в соответствующей главе).

Аналогичный подход можно предложить для экспертизы метрологической аттестации методик выполнения измерений. При аттестации МВИ особое внимание следует уделить методическим составляющим погрешности измерений. В отличие от процессов поверки или калибровки, в которых объект измерений обычно близок к модели, соответствующей идеальному воспроизведению измеряемой величины, реализация типовой МВИ предполагает наличие производственных объектов, которые могут значительно отличаться от идеальной модели. Следовательно, при исследовании МВИ необходимо в оценке методической погрешности учитывать прогнозируемое значение погрешности из-за некорректной идеализации объекта измерений.

В определенных ситуациях может появиться необходимость учитывать производственные условия (например, погрешности из-за влияющих величин в рабочих условиях измерений), а также предполагаемую квалификацию оператора, которая может привести к появлению субъективных погрешностей, существенно превышающих погрешности высокопрофессионального оператора.

14. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ И НОРМОКОНТРОЛЬ

Цель совмещенного метрологического контроля и нормоконтроля – проверка уровня качества представленных документов и объекта с позиций стандартизации и метрологии. Как всякий контроль, совмещенный метрологический контроль и нормоконтроль заканчивается заключением о соответствии контролируемого объекта поставленным требованиям.

Минимально необходимый уровень качества определяется нормосоответствием документа и представляемого им изделия, а также контролепригодностью его параметров. Иными словами, совмещенный метрологический контроль и нормоконтроль по составу близок формальной стандартизационной и метрологической экспертизе, проводимой совместно. Можно значительно повысить требования к уровню качества объекта – в таком случае в рамках совмещенного метрологического контроля и нормоконтроля придется проводить функциональную стандартизационную и метрологическую экспертизу. Глубина экспертизы и объем выполняемой экспертной работы будет определяться поставленными перед экспертом целями.

В случае признания соответствия («годности»), можно приступать к реализации объекта, т.е. изделие можно запускать в производство, а технологический процесс – в действие без внесения исправлений и изменений в документацию, которая была представлена на контроль. В случае признания несоответствия, процесс реализации объекта откладывается до внесения в документацию всех необходимых исправлений и изменений, которые обеспечат нормосоответствие документа и представляемого им изделия, а также контролепригодность его параметров.

Внесение в документацию необходимых исправлений и изменений не входит в задачи экспертизы – в лучшем случае эксперт, отметив недостатки объекта, может высказать предложения, направленные на совершенствование объекта, а разработчик имеет право отклонить эти предложения. Здесь речь

идет не об устранении нарушений требований стандартов (эти ошибки исправляются беспрекословно), а о замене оригинальных элементов объекта стандартными или таких изменениях объекта, которые обеспечат контролепригодность параметров. В метрологии подобная деятельность носит название «метрологическая проработка объекта» и может включать в себя как обеспечение контролепригодности параметров, так и оптимизацию назначаемых норм точности. По аналогии можно предложить понятие «стандартизационная проработка объекта», которое подразумевает замену оригинальных элементов объекта стандартными с сохранением или даже с повышением уровня качества объекта.

Для успешного прохождения совмещенного метрологического контроля и нормоконтроля, если первая попытка оказалась неудачной, необходимо провести стандартизационную и метрологическую проработку объекта и устранить обнаруженные экспертом несоответствия, связанные с нарушением требований стандартов и неконтролепригодностью параметров.

Очевидно, что для достижения поставленной цели необходимо проведение как минимум формальной стандартизационной и метрологической экспертизы и последующей стандартизационной и метрологической проработки объекта. При более широкой трактовке формальную экспертизу можно дополнить элементами функциональной или даже провести полномасштабную функциональную стандартизационную и метрологическую экспертизу.

Проведенный анализ показывает, что для успешного прохождения совмещенного метрологического контроля и нормоконтроля требуется решение большего числа задач, чем при экспертизе, хотя в РМГ 63 метрологический контроль пытаются представить как упрощенную экспертизу, проводимую с минимальным использованием интеллектуальных и временных ресурсов. В частности там говорится, что *«метрологический контроль осуществляют путем проверки технической документации на соответствие конкретным метрологическим требованиям, установленным в стандартах и других нор-*

мативных документах». Такая трактовка неграмотна, поскольку проверка нормосоответствия – задача нормоконтроля, т.е. стандартизационной, а не метрологической экспертизы. Кроме того, в РМГ 63 не рассматривается вопрос о необходимых действиях в случае отрицательного результата контроля.

Требования к квалификации экспертов для проведения совместного метрологического контроля и нормоконтроля очевидны – эксперт должен быть квалифицированным специалистом как в области стандартизации, так и в области метрологии. В РМГ 63 сказано, что совмещенный метрологический контроль и нормоконтроль может осуществляться силами нормоконтролеров, прошедших специальную подготовку в области метрологии. Очевидно, что оптимальным вариантом для проведения такого контроля будет привлечение экспертов, прошедших фундаментальную подготовку в обеих областях в ходе получения инженерного образования по специальности «Метрология, стандартизация и сертификация».

Для стандартизационной и метрологической проработки необходима также высокая квалификация в области проектирования объектов экспертизы. Поскольку квалификация эксперта в данной области представляется довольно сомнительной, оптимальным вариантом можно считать совместную работу эксперта и разработчика.

Для проведения совмещенного метрологического контроля и нормоконтроля должны быть созданы определенные условия. Кроме специально подготовленных экспертов на случай отрицательного результата контроля следует предусмотреть обязательное проведение стандартизационной и метрологической проработки объекта с участием разработчиков. Предпочтительно, чтобы методика совмещенного контроля, обработки его материалов и рекомендации по проведению стандартизационной и метрологической проработки объекта были оформлены специальным нормативным документом (стандартом организации или методическими рекомендациями). В основу разработки таких документов могут быть положены рекомендации по прове-

дению метрологической экспертизы и нормоконтроля, рекомендации по обеспечению контролепригодности параметров.

Окончательные результаты совмещенного метрологического контроля и нормоконтроля в случае положительного результата оформляются подписями эксперта в установленных местах. При отрицательных результатах необходимо представить экспертное заключение с перечнем замечаний и предложений для устранения обнаруженных при экспертизе несоответствий. Оформление промежуточных результатов совмещенного метрологического контроля и нормоконтроля не имеет принципиальных отличий от оформления результатов нормоконтроля и метрологической экспертизы. Для их оформления можно воспользоваться формами заключения и таблицами, представленными в главе 18 или самостоятельно разработать иные формы.

Анализ совмещенного метрологического контроля и нормоконтроля показывает, что он представляет собой полноценную стандартизационную и метрологическую экспертизу, дополняемую заключением о соответствии объекта установленным требованиям. Если такой контроль проводят для последующего обеспечения установленного уровня качества, то в случае отрицательного заключения о соответствии обязательно проводят стандартизационную и метрологическую проработку объекта по результатам экспертизы.

Правильное использование совмещенного метрологического контроля и нормоконтроля с привлечением для последующей стандартизационной и метрологической проработки представителей подразделения-разработчика может существенно повысить уровень качества проектируемых объектов и процессов их разработки.

15. ОРГАНИЗАЦИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ И СТАНДАРТИЗАЦИОННОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

15.1. Подготовка экспертизы

Для рационального проведения экспертизы она должна быть хорошо подготовлена. Подготовку могут осуществлять сами эксперты, но в типовых (стандартных) ситуациях основную тяжесть можно перенести на апробированные методические материалы. Однако в исследовательской работе (а экспертиза – специфический вид исследования) всегда имеются оригинальные моменты, не охваченные трафаретами. Кроме того, нечеткость требований действующих нормативных документов оставляет слишком большую свободу заказчикам и исполнителям.

Процедура подготовки экспертизы содержательно достаточно хорошо проработана в квалиметрии. При необходимости создают рабочую группу, цель которой подготовить проведение экспертизы группой экспертов, методику взаимодействия экспертов и порядок разработки общего экспертного заключения. В квалиметрии экспертные методы используют для получения оценки уровня качества объекта и для оценки менее сложных его свойств. Экспертными методами при отсутствии непосредственных функциональных связей также можно определять весомости (весовые коэффициенты) свойств, входящих в комплексный или интегральный показатель качества.

Первоочередным элементом подготовки является определение основных целей экспертизы. Альтернативный подход при формулировании цели экспертизы предусматривает или получение экспертной оценки объекта или представление развернутого экспертного заключения. В первом случае метрологическая и/или стандартизационная экспертиза представляет собой соответствующий контроль, с заключением о соответствии или несоответствии объекта минимальному набору требований. При формальной стандартизационной экспертизе дают заключение о соблюдении требований НД по стан-

дартизации, а при формальной метрологической экспертизе – заключение о контролепригодности параметров объекта.

Дополнительные цели экспертизы могут включать обучение экспертов, разработку методик проведения экспертизы типовых объектов, разработку моделей идеализированных объектов для последующего использования в аналогичных ситуациях. Метрологические и стандартизационные модели используют для решения частных задач экспертизы. При наличии «банка данных», включающего типовые задачи и методы их решения, подготовка экспертизы существенно облегчается.

После определения основных целей экспертизы очевидным этапом будет постановка конкретных задач экспертизы объекта. Задачи при их успешном решении должны обеспечивать достижение поставленных целей. Если результаты успешного решения задач не приводят к достижению целей, следует внести коррективы в поставленные задачи и/или в цели экспертизы.

В ходе подготовки экспертизы определяют предполагаемый объем экспертных работ, необходимые ресурсы, желательный уровень проработки подробностей в постановке и решении экспертных задач.

Экспертную оценку получают путем выяснения мнений специалистов. Экспертные методы оценки качества применяют, когда применение более объективных методов невозможно или нецелесообразно. Оценки отличаются субъективностью и обусловлены квалификацией эксперта, его опытом, вкусом, состоянием здоровья, настроением и т.д. Поэтому для повышения объективности экспертного заключения разрабатывают особые приемы и методы проведения экспертных работ, в основе которых часто лежит привлечение к работе нескольких экспертов. При функциональной стандартизационной и метрологической экспертизе применяют экспертные методы оценивания качества объекта после внесения предлагаемых изменений (замена нестандартных решений стандартными, изменение требований к точности параметров).

Поскольку последствия решений в большинстве случаев неочевидны, необходимо сопоставление несовпадающих экспертных оценок.

Схема подготовки и проведения экспертизы представлена на рисунке 15.1.

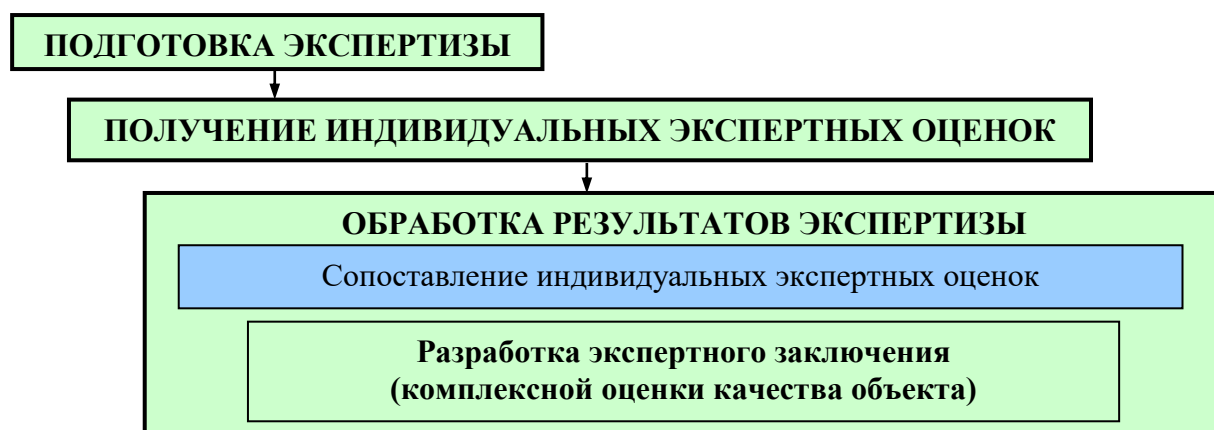


Рисунок 15.1 – Порядок получения экспертной оценки объекта

Экспертиза может быть индивидуальной или групповой (рисунок 15.2), причем и при участии группы экспертов можно организовать их коллективную или автономную деятельность. В последнем случае эксперты, включенные в группу, работают независимо друг от друга. При групповой экспертизе с обсуждением или согласованием мнений в группе и при индивидуальной экспертизе, осуществляемой группой автономно работающих экспертов, конечную оценку можно получать усреднением индивидуальных экспертных оценок.

Индивидуальные оценки экспертов при условии отсутствия значимых систематических различий могут рассматриваться как случайные величины. В таких случаях их числовые значения можно обрабатывать методами математической статистики.

Для подготовки групповой экспертизы, включая разработку методики опроса экспертов, их взаимодействия, обработки результатов и решения других задач могут создаваться специальные рабочие группы, которые состоят

из специалистов в области организации экспертизы, а не из экспертов – специалистов в области экспертируемых объектов.

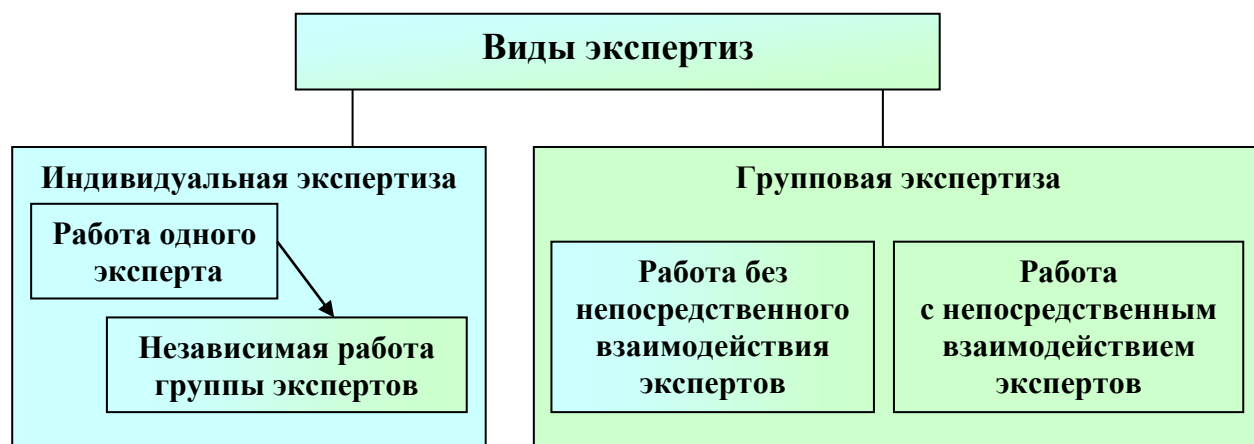


Рисунок 15.2 – Организация работы экспертов

На стадии подготовки экспертизы решают следующие задачи:

- формулирование цели экспертизы;
- подбор экспертов;
- выбор методики проведения экспертизы;
- выбор методики обработки результатов и получения общей оценки;
- подготовка материалов для оформления промежуточных результатов и общих итогов экспертизы;
- представление результатов экспертизы.

Общая формулировка основной цели – получение экспертной оценки (ответов на вопросы, оценки уровня качества объекта, его элементов, оценки менее сложных свойств, включая нормосоответствие и контролепригодность, весомостей отдельных свойств).

Подбор экспертов обычно осуществляется для формирования однородной по уровню квалификации группы специалистов. Поскольку эксперт выступает в роли «средства измерения», точность, объективность и достоверность итоговой оценки зависит от квалификации эксперта и мотивации при оценивании. Подбор экспертов предполагает наличие значительных ресурсов

как интеллектуальных (определенное число специалистов, из которых можно составить экспертную группу), так и временных, поскольку работа группы намного медленнее работы одного эксперта. Кроме того, необходимы и значительные финансовые возможности (оплата работы экспертов и ее организации).

Способы оценки квалификации экспертов («определение уровня качества экспертов» или «квалиметрия квалиметрологов»):

- оценка экспертов членами рабочей группы;
- тестирование экспертов;
- самооценка и взаимная оценка экспертов;
- сравнение вынесенной экспертом оценки со средней оценкой группы экспертов;
- оценка эффективности действий эксперта по прогнозированию результатов испытаний экспертируемых объектов.

При определении квалификации включают оценки таких свойств экспертов, как беспристрастность (объективность), интуиция, широта взглядов, независимость суждений («устойчивость к давлению авторитетов или чужих мнений», включая и мнение большинства экспертной группы). Члены рабочей группы могут оценивать экспертов по формальным признакам (наличие документов о квалификации, публикаций, участие в ранее проводившихся экспертизах и т.д.).

Для тестирования экспертов необходимо создание специальных тестовых задач. Основные сложности при создании тестов заключаются в разработке таких задач, которые были бы достаточно близки к реально решаемым, а оценка близости носит субъективный характер. Кроме того, для большинства тестовых задач невозможно получить объективное эталонное решение, с которым можно было бы сравнивать экспертные оценки.

Самооценка и взаимная оценка экспертов обычно осуществляется в ходе работ по экспертизе объектов (самооценка всегда носит больший оттенок субъективности). Сравнение оценки эксперта со средней оценкой группы экспертов осуществляется обычно с применением аппарата математической статистики.

В ходе определения квалификации экспертов оценивают их систематические и случайные погрешности. Систематические принципиально устранимы и подлежат коррекции или элиминируются в результате исключения вызывающих их причин. Случайные погрешности квалифицированного эксперта должны иметь минимальное значение. Один из методов их оценки – проверка воспроизводимости оценок свойств одного и того же объекта во времени (желательно «слепым» методом).

Прогнозирование экспертом результатов испытаний объектов позволяет получить относительную оценку эффективности действий эксперта (отношение числа правильных прогнозов к общему числу прогнозов или экспертиз) и сравнительную относительную оценку эффективности действий эксперта (отношение эффективности действий эксперта к средней эффективности, определяемой для группы экспертов).

Для повышения качества экспертизы необходимо повышать не только специальную квалификацию экспертов (в области экспертируемых объектов), но и их профессиональную квалификацию (в области проведения экспертиз) путем соответствующего обучения, тренировок и ознакомления с возможно более обширной информацией по проблемам экспертизы.

При групповой экспертизе принято считать, что увеличение числа экспертов повышает объективность оценок. Однако доступное число экспертов бывает довольно ограниченным. Традиционно принято считать нижней границей желаемого числа экспертов семь человек. С другой стороны, экспертная группа при числе участников более 15 трудно управляема и требует больших организационных усилий. Математики предлагают выбор числа

экспертов на базе теории вероятностей и математической статистики, который основан на допущениях отсутствия значимых систематических погрешностей в оценках и равномерности оценок всех экспертов. Такие допущения вряд ли можно считать правомерными.

Выбор методики проведения экспертизы в значительной мере зависит от цели экспертизы. Методика проведения экспертизы включает методы работы с группой и методы получения экспертных оценок. Работа с группой экспертов может быть организована как индивидуальный опрос, как групповое обсуждение и как комбинирование этих методов в разных соотношениях.

«Независимая экспертиза» основана на получении индивидуальных оценок, свободных от группового влияния («влияния массы») и индивидуального влияния («влияния авторитетов»). Ее можно проводить как письменный опрос каждого из членов экспертной группы без ознакомления с результатами опроса других экспертов, в том числе и заочно. «Независимую экспертизу» проводят при наличии высококвалифицированных экспертов если не ставится дополнительная цель их обучения.

При «групповой экспертизе» возможно предварительное обсуждение, ориентирование всех экспертов группы. Далее идет получение индивидуальных оценок экспертов. Возможно повторение туров опроса с обсуждением полученных результатов. Проведение опроса в несколько туров приводит к сближению оценок и повышению квалификации экспертов, особенно если оценки обосновываются и обсуждаются.

«Групповая экспертиза» может преследовать кроме основной также дополнительные цели: обучение экспертов и получение оптимизированной экспертной оценки. Одна из разновидностей «групповой экспертизы» заключается в выработке общего мнения группы экспертов, принимаемого голосованием. В случае принятия экспертного решения голосованием, положительно проголосовать должны не менее $2/3$ от общего числа экспертов. Поскольку наиболее интересные суждения возникают в ходе дискуссий, когда созда-

ется конфликтная ситуация, определенный интерес представляет искусственное создание таких ситуаций.

«Независимая экспертиза», проводимая с привлечением группы экспертов, также пригодна для получения оптимизированной экспертной оценки, и ее результаты можно использовать в целях обучения.

Метод оценки качества на базе «теории распознавания образов» включает «формирование образа» оцениваемого объекта, для снятия «налета субъективности» и основан на использовании возможности усреднения мнений множества экспертов. Результаты независимой работы экспертов служат основанием для создания «обучающей выборки», формируемой статистически обычно с использованием компьютера. Один из возможных вариантов такого метода – моделирование эвристических процессов мышления экспертов: эксперты оценивают показатели качества и их весомости на всех ступенях иерархической структуры, вплоть до комплексной оценки уровня качества. Далее разрабатывается математическая модель комплексной оценки, реализуемая компьютером с применением специально разработанной программы. Методы оценки качества на базе «теории распознавания образов» могут применяться для обучения экспертов, получения оптимизированной экспертной оценки и для разработки модели оценки качества объекта на основе «теории распознавания образов».

Организация экспертизы по «методу Делфи» («метод дельфийского оракула») была предложена в США в начале 50 годов прошлого столетия Т.Дж.Гордоном и О.Хелмером для решения крупных военных проблем. Характерными чертами метода Делфи являются следующие:

- работа эксперта осуществляется индивидуально с анонимным представлением результатов;
- ответы на поставленные перед экспертом вопросы обязательно содержат количественную (балльную) характеристику;

- проводится несколько туров опроса с математической обработкой результатов после каждого тура;
- осуществляется управление процессом экспертизы (после каждого тура все опрашиваемые эксперты знакомятся с ответами других участников опроса, которые сопровождаются обоснованием);

Метод преследует все ранее обозначенные цели, кроме разработки модели для оценки уровня качества объекта на основе «теории распознавания образов».

Для получения первичных экспертных оценок в квалиметрии разработаны специальные методы их формирования. Один из наиболее часто применяемых методов – метод предпочтения (ранжирования) свойств или факторов, который можно реализовать в разных вариантах:

- простое ранжирование объектов (расположение в порядке уменьшения или увеличения уровня качества);
- ранжирование с применением балльной оценки;
- ранжирование с применением балльной оценки и наложением дополнительных ограничений (например: градация балльной оценки равна 0,5 или 0,2 балла; сумма весовостей равна единице...);
- попарное сопоставление объектов (альтернативное ранжирование);
- полное попарное сопоставление.

Если от экспертов получают обоснования мнений и доводят их до сведения других участников экспертизы, это позволяет лучше учесть различные факторы.

Более подробно вопросы подготовки и проведения экспертизы рассматриваются в специальной литературе.

Подготовка и проведение метрологической и стандартизационной экспертизы имеет особенности, которые существенно отличают ее от работы по обобщенному оцениванию качества.

Особенности организации и проведения метрологической и стандартизационной экспертизы заключаются в том, что она выполняется индивидуально. Даже при работе группы специализированных нормоконтролеров каждый из них выполняет свою долю экспертизы, не вмешиваясь в чужую область. Что касается метрологической экспертизы, руководство практически всегда поручает работу одному эксперту, хотя групповая экспертиза (даже при минимальном составе группы – два человека) намного эффективнее.

При проведении метрологической и стандартизационной экспертизы осуществляют контроль качества объекта с ответствующих позиций и/или составляют экспертное заключение по результатам соответствующего исследования объекта. Однозначными экспертными оценками качества объекта метрологической и стандартизационной экспертизы могут быть заключения «Параметры контролепригодны» и «Нормосоответствие обеспечено». Такие заключения могут быть сделаны по результатам метрологического контроля и нормоконтроля на формальном уровне, если существенные дефекты не обнаружены, а вскрытые недостатки оперативно устранены разработчиком. В иных случаях экспертизу приходится проводить в несколько этапов (обнаружение дефектов – устранение дефектов – повторная экспертиза – положительное заключение), причем циклы могут повторяться. В такой ситуации очевидна необходимость представления развернутого экспертного заключения на промежуточных этапах и однозначной оценки объекта только на завершающем этапе.

Основные цели экспертизы определяет ее заказчик. Однако в явном виде заказчик есть только тогда, когда эксперта приглашают «со стороны». Если квалификация заказчика не позволяет корректно определить цели и задачи экспертизы, ему следует предложить один или несколько вариантов на выбор с указанием ориентировочного объема работы и сроков ее выполнения. При подготовке «внешней» экспертизы следует также определить примерную стоимость работ, что может повлиять на выбор варианта. Если экспертиза

осуществляется в рамках производственного задания, то в роли заказчика выступает собственная организация в лице руководителя соответствующего подразделения. В этом случае «заказчика» также следует привлекать к определению цели и постановке задач экспертизы.

Существенно облегчить экспертную работу могут конкретные вопросы, но в ряде случаев сама постановка таких вопросов (задач) требует проведения предварительной экспертизы.

15.2. Централизованная и децентрализованная организация экспертизы

На основании действующих нормативных документов субъекты хозяйствования могут разрабатывать свои стандарты, устанавливающие специфические для своей области нормы и правила проведения метрологической и стандартизационной экспертизы. К сожалению, предприятия и организации в большинстве случаев не имеют достаточного опыта проведения метрологической экспертизы и разработки стандартов, устанавливающих нормы и правила ее проведения.

Очевидно, что стандарты, разрабатываемые в отраслях и на предприятиях, должны вводить ограничения поставленных задач экспертизы и определять конкретные функции экспертов. В этих документах экспертизу желательно разделить на **формальную**, которую должны проводить представители служб метрологии и стандартизации, и **функциональную**, для проведения которой необходимо привлечение разработчиков (конструкторов, технологов, исследователей).

Экспертизу можно проводить централизованно, либо децентрализованно. В первом случае экспертизу осуществляют эксперты, административно принадлежащие службе стандартизации или метрологии субъекта хозяйствования, во втором в качестве экспертов выступают специально подготовленные сотрудники подразделения-разработчика объекта и документации.

Достоинствами централизованной экспертизы являются:

- административная независимость экспертов от руководителей разработки;
- высокий уровень квалификации экспертов в области собственно экспертной деятельности.

В качестве недостатка следует отметить невозможность обеспечить уровень квалификации экспертов в области объектов проектирования, превышающий уровень разработчиков. Этот недостаток частично компенсируют за счет специализации экспертов, например, по видам продукции, технологических процессов и т.д.

Достоинствами децентрализованной экспертизы являются:

- высокий уровень квалификации экспертов в области объектов проектирования, подлежащих экспертизе;
- повышенный уровень оперативности экспертизы.

Недостатки децентрализованной экспертизы состоят в наличии административной подчиненности экспертов руководителям разработки и в более низком уровне квалификации экспертов в области собственно экспертной деятельности.

Административная зависимость экспертов от руководителей разработки не имеет принципиального значения, если экономическое стимулирование обеспечивает заинтересованность исполнителей и руководства в высоком качестве разработки. Если реальной целью субъекта хозяйствования является удержание и расширение своего сегмента рынка, разработчик будет сам заинтересован в выявлении дефектов и скорейшем их устранении. Только высококачественная продукция может повысить конкурентоспособность предприятия, следовательно, его прибыль и доходы персонала. Провал на рынке может означать не только снижение выплат, но и банкротство предприятия, и потерю работы всеми сотрудниками. Пред такой угрозой следует пересмотреть отношение к критике. Заключение экспертов с описанием дефектов рез-

ко обостряет неприязнь самолюбивых сотрудников, ставит под сомнение (по их мнению) квалификацию разработчиков. Однако если следует выбирать между уязвленным самолюбием и коммерческим успехом, только ограниченный человек будет отстаивать неправильную позицию только из-за того, что она – своя.

Поскольку первичную экспертизу фактически всегда осуществляет сам разработчик, можно утверждать, что необходимым условием любой современной разработки является достаточный уровень метрологической и стандартизационной грамотности разработчика. Он должен самостоятельно решать тривиальные задачи и выделять те, для решения которых необходима **совместная работа с квалифицированным экспертом**. Иначе говоря, представители конструкторской, технологической или исследовательской службы, должны отчетливо представлять те сложности, которые могут встретиться при экспертизе, и свои возможности в плане их успешного преодоления. В таком случае метрологическая и стандартизационная квалификация экспертов-разработчиков может быть незначительно выше квалификации рядовых разработчиков. Эксперт-разработчик, находящийся рядом с другими членами подразделения, всегда может оказать помощь в решении метрологических и стандартизационных задач, возникающих в процессе разработки. К нему не надо обращаться с официальным письмом, нет необходимости в комплектном представлении документации и подробных разъяснениях – он в курсе дела. Его работа – решение тривиальных экспертных задач, выделение задач более сложных и подготовка материалов для их постановки перед экспертом из соответствующей службы.

При такой организации метрологической и стандартизационной экспертизы основная функциональная экспертиза выполняется разработчиками по ходу проектирования и остается завершающий этап – формальная экспертиза, которая по необходимости может проводиться независимыми экспертами.

При экспертизе объекта по конструкторской документации эксперты могут принимать множество решений, связанных с оптимизацией норм точности, обеспечением контролепригодности параметров объекта и т.д. К сожалению, значительная часть промежуточной информации вообще не включается в экспертное заключение, а используется только для представления конструкторам. В результате исчезает или идет в архив информация, которая могла бы принести значительную пользу технологам при разработке контрольных операций.

Рациональная организация метрологической и стандартизационной экспертизы должна предусматривать преемственность между экспертизой деталей и технологических процессов их обработки, передачу необходимой информации, наработанной при экспертизе изделия, разработчикам технологических процессов. В результате можно не только сократить время разработки операций и процессов контроля, но и существенно повысить уровень их разработки и освободиться от метрологической экспертизы технологических процессов в этой части.

15.3. Формализация при подготовке и проведении экспертизы

Рациональность и эффективность экспертизы в значительной мере зависят от уровня ее формализации, причем существенную помощь эксперту могут оказать методики экспертизы и формы отчетов. В значительной мере работу эксперта облегчают методические материалы, содержащие формулировки целей экспертизы и соответствующих этим целям задач, предназначенных для подготовки экспертизы определенных классов объектов. Рекомендуемые формулировки целей и задач экспертизы приведены в главе 2 и других главах.

Формальные приемы проведения экспертизы нарабатываются каждым экспертом самостоятельно, но некоторые общие рекомендации все же можно предложить. При работе с чертежами, особенно больших форматов, полез-

ным может быть «порядок обхода» экспертируемых параметров, который полезно привести в соответствующих методических материалах по проведению экспертизы. Можно предложить следующие варианты выбора параметров, применимые в ходе метрологической и стандартизационной экспертизы:

1. Обход в логической последовательности (по виду параметров, уровням точности и видам допусков, диапазонам номинальных значений и т.д.).
2. «Построчное сканирование» сверху вниз или слева направо.
3. «Кольцевое сканирование».
4. «Автономное построчное или кольцевое сканирование» по проекциям, видам, разрезам.
5. «Комбинированный обход» параметров.

Первая и четвертая методики применимы для сложных и объемных чертежей с множеством проекций и многими десятками (и даже сотнями) точностных требований. Вторая методика применяется для чертежей несложных деталей (валы, втулки, простые кронштейны и пр.). Третья методика наиболее удобна для круглых корпусных деталей, подшипниковых стаканов и т.п. Обход в логической последовательности по виду параметров и т.д. вынужденно применяется при раздельном нормоконтроле специализированными нормоконтролерами.

Экспертиза объектов, представленных многостраничными документами (пояснительные записки к проектам, отчеты о научно-исследовательской работе, проекты стандартов и иных нормативных документов по стандартизации) обычно также требует неоднократного прочтения в целом и по частям. Для их экспертизы тоже полезно использовать некоторый формальный порядок работ, например:

1. Анализ наименования и оглавления.
2. Ознакомление с объектом в целом (предварительное прочтение).
3. Чтение выбранных разделов в логической последовательности, установленной в соответствии с целью экспертизы.

4. Углубленный анализ выбранных разделов, представляющих интерес для экспертизы (например, при наличии дефектных элементов, обнаруженных в ходе предварительной экспертизы).

5. Повторная проверка разделов, содержащих дефекты, после внесения исправлений и изменений.

При объединенной метрологической и стандартизационной экспертизе особое внимание следует уделять представлению физических величин (правильность наименований, обозначений, представления значений в таблицах, формулах, тексте, правильность представления результатов измерений и др.). Особое внимание необходимо обращать на достоверность результатов измерений. Практика экспертизы показывает, что в документации встречается множество нарушений требований стандартов, а также содержательные ошибки метрологического плана.

При стандартизационной экспертизе можно рекомендовать некоторый базовый набор действий, включающий:

- контроль правильности оформления реквизитов, например, основная надпись на чертеже (правильность выполнения и наличие всех необходимых подписей);
- контроль правильности применения стандартных обозначений (например, линии, условные знаки допусков формы, расположения, шероховатости поверхностей, условные обозначения разрезов, сечений, размеров, полей допусков и предельных отклонений параметров, единиц физических величин и др.);
- контроль полноты документа (наличие всех необходимых разделов, проекций, разрезов, сечений, размеров, требований к точности и др.), а также контроль отсутствия дублирования информации.
- контроль правильности применения стандартных решений (в частности при выборе номинальных значений линейных и угловых размеров, при использовании резьбовых посадок с натягом и переходных, при назначении

норм точности на поверхности деталей, сопрягаемых с подшипниками качения и т.д.);

- анализ возможности замены оригинального решения стандартным (от использования стандартных элементов деталей типа фасок, канавок, шагов резьбы, модулей зубчатых венцов и до применения стандартных сборочных единиц и готовых изделий типа подшипников, муфт, редукторов, измерительных головок и др.).

Действие, представленное последним пунктом, осуществляется только при функциональной стандартизационной экспертизе и требует от эксперта высокой квалификации в области проектирования объектов экспертизы или привлечения разработчика для того, чтобы компенсировать нехватку такой квалификации.

При метрологической экспертизе процессов измерений заданных физических величин (параметров экспертируемого объекта) рекомендуется, прежде всего, проверять наличие и правильность назначения допустимых погрешностей измерений и соответствие реализуемой погрешности установленным нормам.

Формальным элементом является и нормирование экспертных работ. Сложность оценивания экспертной работы слишком велика для того, чтобы получить механизм их нормирования, однако некоторые ориентировочные нормы все-таки разработаны. Например, в литературе приведены следующие типовые нормы на нормоконтроль документов:

- лист текста (формат А4) 0,2 часа;
- чертеж формата А4 0,15 часа.

В результате за 8 часов работы нормоконтролер должен проверить 40 страниц текстовых документов или «объем листов» чертежей, соответствующих по площади 48 чертежам форматам А4.

Типовые нормы предусматривают включение подготовительно-заключительного времени, времени на обслуживание рабочего места, време-

ни на отдых, личные надобности и физкультурные паузы (в размерах около 10 % от оперативного времени).

В документации для нормировщиков трудозатрат в зависимости от видов работ рекомендовались разработанные в СССР следующие нормы (в листах формата А4):

- общий унификационный контроль от 40 до 45;
- контроль чертежей, спецификаций, ведомостей от 45 до 50;
- контроль схем, перечней элементов и т.п. от 45 до 50;
- контроль текстовых документов от 40 до 45;
- контроль технологических документов от 40 до 45;
- контроль проектно-строительных документов от 40 до 50.

Эти нормы рекомендовалось применять при нормоконтроле оригиналов («белков»). Если с оригинала вручную (копировщицами) делались подлинники на кальке, они тоже подлежали нормоконтролю. Для нормоконтроля подлинников после проверки оригиналов теми же экспертами нормы увеличиваются в 2 раза, если разрыв во времени не превышает трех месяцев.

Нормы времени для метрологической экспертизы устанавливаются произвольно, причем далеко не всегда квалифицированно. Причины этого положения – слишком сильно различающаяся номенклатура объектов и целевых установок экспертизы и недостаточный уровень ее формализации. Однако определенные шаги в этом направлении могут быть сделаны.

Наибольший объем экспертизы на производстве связан с представлением объектов конструкторской и технологической документацией. Для рационализации метрологической экспертизы (метрологического контроля) деталей по рабочим чертежам необходимо в специально разработанном документе (например, стандарте организации) регламентировать конкретные требования к проведению метрологической экспертизы (метрологического контроля). Эксперта надо снабдить методическими материалами, содержащими описание аттестованных методик выполнения измерений с указанием пре-

дельных значений погрешностей измерения при использовании различных вариантов методик. Документ может быть разработан по типу РД 50-98 – 86 «Методические указания. Выбор универсальных средств измерений линейных размеров до 500 мм (по применению ГОСТ 8.051-81)». Полезным был бы также альбом применяемых на предприятии средств измерений с указанием их метрологических характеристик и конструктивных особенностей. Такой комплект документов является достаточным для проверки контролепригодности большинства норм точности, устанавливаемых в чертежах деталей.

Это же методическое обеспечение может быть успешно использовано для метрологической экспертизы технологических процессов.

16. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ И СТАНДАРТИЗАЦИОННОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

Информационные источники, необходимые для проведения стандартизационной и метрологической экспертизы включают нормативные документы, а также источники нестандартизованной информации (научно-техническая литература, справочники, и др.). Имеются принципиальные различия между информационным обеспечением формальной стандартизационной экспертизы и функциональной стандартизационной экспертизы или метрологической.

Информационной базой формальной стандартизационной экспертизы могут быть только действующие нормативные документы, представленные официально зарегистрированными экземплярами, прошедшими актуализацию. Регистрация рабочих экземпляров нормативных документов и своевременное внесение изменений в эти документы осуществляются службой стандартизации субъекта хозяйствования в установленном порядке.

Особую информационную ценность имеют специально разработанные нормативные документы, регламентирующие состав, порядок и методику экспертизы, в частности, стандарты организаций, а также методические указания по проведению экспертизы. Сами эти документы должны пройти жесткую экспертизу, направленную, прежде всего, на проверку выполнимости требований и отсутствие противоречий стандартам более высоких категорий.

Информационная база метрологической и функциональной стандартизационной экспертизы кроме действующих нормативных документов может также включать любые доступные эксперту источники нестандартизованной научно-технической информации, подобранные соответствующим подразделением и самим экспертом. Кроме справочников, научно-технической литературы можно использовать такие информационные источники, как отмененные нормативные документы, если они не противоречат положениям дей-

ствующих нормативных документов. В используемую научно-техническую информацию можно включать научную и учебную литературу (монографии, статьи, доклады и тезисы научных конференций, диссертации, рефераты, препринты, и др.) отчеты о научно-исследовательской работе, профессиональные материалы, выложенные в Интернете, собственные наработки.

Поскольку за результаты метрологической и функциональной стандартизационной экспертизы, изложенные в заключении, отвечает эксперт, он должен быть уверен в привлекаемых источниках информации. Информацию используют только при соответствующем уровне доверия к авторам источников, причем сомнительные моменты следует дополнительно проверять с помощью аналитических или экспериментальных исследований. Такие исследования требуют значительных ресурсов и высококвалифицированной работы, однако результаты исследований, полученные в ходе таких проверок, можно использовать как апробированные информационные источники.

Можно предложить некоторые рекомендации по экспертной оценке уровня доверия к информационным источникам:

- признаками полуграмотных источников являются явные ошибки, неряшливая терминология, внутренние противоречия;
- ни один из источников, ни один из авторов не гарантированы от ошибок. В материале большого объема вероятность ошибок и неточностей возрастает, следовательно, к нему надо относиться более внимательно даже при высокой степени доверия к авторам;
- все сомнительные положения источников, следует проверять даже при высоком уровне доверия к авторам. Приоритеты проверки зависят от наличия ресурсов и важности предполагаемого заключения. При необходимости и возможности проверка включает не только аналитические, но и экспериментальные исследования;
- после каждой экспертизы следует уточнять свою оценку использованных материалов и авторов информационных источников.

Экспертная работа трудно поддается автоматизации, поскольку по определению должна выполняться субъектом (экспертом). Так называемые «экспертные системы», реализуемые экспертом-пользователем с компьютерной поддержкой, как правило, выполнены в виде компьютерных программ. Лучшие из них представляют собой концентрированный опыт высококвалифицированных экспертов, оформленный в виде алгоритмических инструкций. Их применение предусматривает работу в интерактивном режиме и требует от пользователя достаточно высокой квалификации.

Значительно проще поддается автоматизации информационное обеспечение экспертизы. Для стандартизационной экспертизы нужна информационная база, как минимум включающая все требования стандартов, соблюдение которых проверяется экспертом. Для метрологической экспертизы в информационную базу включают не только нормативные документы, регламентирующие измерения (в том числе и относящиеся к поверке, калибровке и аттестации СИ), но и значительный массив нестандартизованной информации.

Используемые для формальной стандартизационной экспертизы базы данных, которые включают в себя требования из нормативных документов по стандартизации, должны быть официально узаконены, после чего включенная в них информация подлежит постоянной актуализации. Эти условия аналогичны ситуации с использованием нормативных документов на твердом носителе (нельзя пользоваться перепечатками из стандартов и неактуализованными НД).

Однако такие формальные требования фактически постоянно нарушаются, поскольку нормоконтролеры высокой квалификации все наиболее часто встречающиеся требования стандартов воспроизводят по памяти. Для них нет необходимости обращаться непосредственно к стандартам, чтобы зафиксировать типовые ошибки в обозначениях допусков формы и расположения поверхностей, неполноту или неправильность требований к поверхностям, сопрягаемым с подшипниками качения и др. Следовательно, значительную

часть стандартной информации нормоконтролер получает опосредованно, а не напрямую из нормативных документов. Требования к официальному признанию или утверждению такой «виртуальной базы нормативных документов» не предъявляются.

Дополнительную сложность представляет неурегулированность юридических вопросов, связанных с электронной формой записи, хранения, передачи и копирования информации. Определенные попытки рассмотреть эти вопросы сделаны в изменении №4 стандарта ГОСТ 2.111, в которое включены элементы нормоконтроля конструкций, представленных электронными документами. Активное развитие «безбумажного» документооборота требует продолжения работы в направлении экспертизы магнитных, электронных и электронно-оптических документов.

Оптимальным вариантом создания информационной базы является включение всех заинтересованных абонентов в глобальную сеть, где на центральном сервере хранятся все своевременно актуализованные НД, организованные в удобную для пользователя систему управления базами данных. Современные базы данных, чаще всего объединяют национальные или международные НД в форме электронных копий «бумажных стандартов». Несмотря на специально разработанные поисковые системы они не могут быть высоко эффективными, поскольку разработанные ранее стандарты не были ориентированы на компьютеризацию.

Отсутствие общего системного подхода к стандартизации можно подтвердить очевидными примерами. Так терминология рассеяна не только по специализированным стандартам в разных сферах ее применения, термины включают в любые стандарты, если разработчик считает это нужным. Такое положение существенно затрудняет поиск нужных терминов, а также приводит к противоречиям в разных нормативных документах. Другой пример «рассеянных требований» связан с нормоконтролем размеров. Если рассматривать нормоконтроль только назначенных на чертежах изделий линейных

размеров с полями допусков, то могут понадобиться стандарты, регламентирующие:

- нормальные линейные размеры;
- допуски гладких цилиндрические поверхностей (и приравниваемых к ним), обозначения допусков на чертежах;
- размеры и допуски фасок, радиусов округлений, канавок,
- комплекс стандартов на подшипники качения;
- комплексы стандартов на резьбы, на шлицевые поверхности деталей, на зубчатые колеса и передачи и т.д.

Причем достаточно часто стандарты входят в разные подсистемы, например одни относятся к «Основным нормам взаимозаменяемости», другие к «Единой системе конструкторской документации».

Для того чтобы обеспечить высокую эффективность использования вычислительной техники в интересующей нас области, необходимо принципиально по иному организовать базы стандартных данных. Следует разработать глобальную систему **программно ориентированных стандартов**, которая будет существенно отличаться от набора «условно системных» стандартов, являвшихся плодами автономных разработок и потому не всегда согласованных между собой. Например, в частности, терминологически не согласованы между собой стандарты на допуски и посадки и метрологические стандарты; стандарты на допуски формы и расположения поверхностей, сопрягаемых с подшипниками качения, не согласованы с общетехническими стандартами числовых значений таких допусков. Есть нестыковки в НД на обработку результатов измерений и на формы их представления и т.д.

Применение вычислительной техники для организации труда метрологов и стандартизаторов пока носит фрагментарный характер. Разрабатываемое программное обеспечение в области метрологии обычно включает учет номенклатуры средств измерений, их движение, сроки их поверки, составление протоколов и т.д. Часто разрабатывают программы статистической обра-

ботки результатов измерений или адаптируют для этого известные пакеты программ.

Анализ типовых задач машиностроительного и приборостроительного производства показывает необходимость программного обеспечения выбора методик выполнения измерений, математической обработки результатов измерений, а также пакетов для компьютерной поддержки стандартизационного контроля и метрологической экспертизы объектов по их конструкторской и технологической документации.

Чтобы превратить рабочее место пользователя, оснащенное персональным компьютером, в эффективное средство решения типовых метрологических и стандартизационных задач, необходим комплексный подход. В его основу должны быть положены специально разработанные принципы проектирования автоматизированной системы стандартизационного и метрологического обеспечения.

Прогресс оргтехники и ее расширяющиеся функции, доступность компьютеров позволяют говорить о возможности автоматизации подготовки стандартизационного и метрологического обеспечения, начиная с обеспечения экспертизы геометрических параметров деталей. Такая автоматизированная система может рассматриваться как часть (подсистема) общей системы технологической подготовки производства и должна обеспечивать следующие функции:

- контроль соблюдения требований нормативных документов, распространяющихся на рассматриваемый объект;
- возможность сопоставления нестандартных решений со стандартными аналогами;
- анализ контролепригодности функциональных параметров макрогеометрии с учетом назначенных норм точности;
- выбор методик выполнения измерений (схем, средств и методов измерений) для измерительного приемочного контроля параметров;

- выдача рекомендаций для обеспечения контролепригодности параметров, признанных неконтролепригодными в результате анализа;
- проектирование методик выполнения измерений на базе применения специальных (нестандартизованных) средств измерений.

В случае если автоматизированная система будет направлена на обеспечение функциональной метрологической экспертизы объектов, то обязательной становится еще одна функция – оптимизация норм точности функциональных параметров с учетом качества объекта и возможности его метрологического обеспечения.

Создание такой системы потребует привлечения большого числа высококвалифицированных специалистов и их работы в течение длительного времени. В подобном случае особенно опасным моментом может оказаться неправильная методология разрабатываемой системы. При использовании неудачной методологии будут получены малопригодные результаты, и придется радикально перерабатывать всю систему на базе измененного подхода. Для того чтобы избежать подобных неприятностей, необходимо разработать **общие принципы** проектирования автоматизированных систем стандартизационного и метрологического обеспечения и апробировать эти принципы, например, для решения задачи контроля геометрических параметров деталей.

Перечислим и охарактеризуем основные принципы проектирования автоматизированной системы стандартизационного и метрологического обеспечения контроля геометрических параметров деталей.

1. Принцип стандартизационной и метрологической универсальности: направленность системы на обеспечение экспертизы любых геометрических параметров деталей.

2. Принцип комплексного обеспечения экспертизы: система позволяет реализацию экспертизы на основе формального и функционального подходов.

3. Принцип стандартизационной и метрологической строгости: система основана на актуализированных нормативных документах и апробированных нестандартных материалах.

4. Принцип блочно-модульного структурирования задач стандартизационного и метрологического обеспечения: структура системы предусматривает возможность автономной разработки блоков и модулей частных программ, объединяемых в программный комплекс с учетом приоритетов разработки.

5. Принцип иерархичности задач стандартизационного и метрологического обеспечения: структурирование задач экспертизы осуществляется с учетом иерархических уровней, что позволяет определить приоритеты решения задач и разработки программного обеспечения.

6. Принцип **открытости системы**: возможность дополнения системы разработчиком и пользователем, что позволяет вносить в нее дополнительные результаты теоретических разработок, и другую новую информацию (о вновь введенных стандартах, аттестованных специальных средствах и методиках выполнения измерений и др.). Наряду с принципом блочно-модульного структурирования этот принцип обеспечивает возможность дополнения системы элементами и блоками вплоть до построения универсальной автоматизированной системы стандартизационного и метрологического обеспечения.

Пакеты программ для автоматизированного рабочего места (АРМ) метролога должны обеспечивать:

- выбор методик выполнения измерений линейных и угловых размеров (в том числе выбор МВИ для проверки контролепригодности параметров в ходе метрологической экспертизы и для разработки операций измерительного контроля и процессов измерений параметров);
- обработку результатов измерений;

- оценку взаимной увязки требований к точности параметров макрогеометрии и, при необходимости, требований к макрогеометрии и к высотным параметрам шероховатости поверхностей.

Значительное повышение производительности стандартизационного контроля может быть достигнуто за счет специально разработанных программ, которые существенно сокращают время доступа к значениям стандартных параметров, их обозначениям и характеристикам. Программы должны быть построены как взаимоувязанные базы данных, которые включают номинальные значения линейных и угловых размеров (нормальные линейные и угловые размеры, нормальные конусности, размеры подшипников, резьбовых, шлицевых и шпоночных соединений и т.д.), допуски размеров, формы и расположения поверхностей, параметры шероховатости, условные обозначения норм точности на чертежах и ряд других сведений, необходимых для проведения стандартизационного контроля.

Сотрудниками кафедры «Стандартизация, метрология и информационные системы» Белорусского национального технического университета разработаны пакеты программ для персональных компьютеров, являющиеся первым приближением к намеченному комплексу программного обеспечения. Выбор методик выполнения измерений базируется на аттестованных МВИ, которые заимствованы из нормативных документов. Для случая измерений линейных величин в качестве основы для разработки программ выбора МВИ был использован широко известный документ РД 50-98 – 86 «Методические указания. Выбор универсальных средств измерений линейных размеров до 500 мм (по применению ГОСТ 8.051-81)».

На базе этого РД разработан пакет программ, позволяющий выбирать МВИ для измерений наружных и внутренних размеров, размеров уступов и глубин, а также для измерений радиального и торцового биений. По сравнению с исходной информацией, содержащейся в РД, возможности программ существенно расширены: предусмотрен выбор МВИ не только для приемоч-

ного контроля параметров, но и для арбитражной перепроверки результатов приемочного контроля и для измерений параметров с любой заранее заданной допустимой погрешностью.

Для оформления заявок на средства измерений, контрольных карт и технологических операций измерительного контроля в пакет включены каталоги используемых средств измерений (СИ), принадлежностей к ним и вспомогательных устройств (штативов и стоек), в которых содержатся марки и технические характеристики этих устройств, а также примеры их стандартных обозначений.

Разработан также пакет программ для выбора рекомендуемых значений высотных параметров шероховатости поверхности, согласованных с минимальными допусками макрогеометрии тех же элементов деталей. С формальных позиций параметры макро- и микрогеометрии не связаны друг с другом и оцениваются от разных баз (отклонения формы – от прилегающего элемента, а высота неровностей – от среднего). Это положение зафиксировано в ГОСТ 24642-81, но там же отмечено, что в обоснованных случаях допускается нормировать отклонение формы, включая шероховатость поверхности.

При значениях высотных параметров шероховатости поверхностей, соизмеримых с допусками макрогеометрии, может произойти неправильная разбраковка деталей из-за попаданий измерительного наконечника на вершины и во впадины микрорельефа. Кроме того, несмотря на малые порядки значений высотных параметров шероховатости поверхностей, они могут оказать значительное влияние на погрешности измерений параметров макрогеометрии. Например, результаты исследования измерений отверстий индикаторными нутромерами показали, что шероховатость поверхностей отверстий вызывает появление значительно больших погрешностей измерений, чем расчетные значения, полученные без учета влияния шероховатости измеряемых поверхностей.

Особенно велика опасность неправильной разбраковки деталей при некритическом использовании стандарта, определяющего требования к поверхностям, сопрягаемым с подшипниками качения, поскольку в нем не учтены соотношения между шероховатостью поверхностей и допусками макрогеометрии. Еще одной отрицательной особенностью этого стандарта является установление допусков формы и расположения поверхностей, значения которых противоречат базовому стандарту на допуски формы и расположения поверхностей (ГОСТ 24643). Выход из создавшегося положения, использованный авторами программы, заключается в предложении двух значений каждого из искомых параметров. Одно из них определено по ГОСТ 3325 со всеми присущими ему недостатками, а второе – рекомендуемое авторами программы и гарантирующее объективность разбраковки деталей, согласовано с базовыми стандартами.

Программы для обработки результатов измерений не должны ограничиваться только обеспечением статистических вычислений. Систематические составляющие погрешности при выполнении статистической обработки могут привести к существенному искажению оценки результатов измерений. Поэтому метрологам необходимы программы для построения точечных диаграмм результатов измерений одной и той же величины с многократными наблюдениями. Диаграммы в координатах результат – номер наблюдения аппроксимируют простейшими функциями. Полученные «графики» тенденций изменения результатов во времени позволяют выявить переменные систематические составляющие погрешности. Только после исключения таких систематических погрешностей результаты измерений подлежат тривиальной статистической обработке, причем программы должны строиться с учетом требований ГОСТ 8.207, что позволит проводить проверку согласия эмпирических и теоретических распределений без нарушения требований стандарта, а также оценивать значения интегральных неисключенных остатков систематических составляющих.

Математическое обеспечение АРМ метролога может включать также программы для детерминированной (функциональной) обработки результатов, например для расчета межосевых расстояний по результатам измерений координат, программы построения заданных геометрических элементов формы и расположения поверхностей и т.д.

В состав программного обеспечения АРМ метролога могут быть включены специально разработанные программы для проведения имитационного вычислительного эксперимента, которые носят ярко выраженный исследовательский характер и могут использоваться для проведения исследований вновь разрабатываемых средств и методик выполнения измерений.

Комплексный подход к программному обеспечению АРМ метролога и стандартизатора при его внедрении не только повысит производительность труда, но и будет способствовать повышению квалификации пользователей.

17 ТИПОВЫЕ ОШИБКИ, ВЫЯВЛЯЕМЫЕ В ХОДЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ И СТАНДАРТИЗАЦИОННОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

Поскольку качество объекта (изделия или процесса) формируется в процессе проектирования, можно утверждать, что именно качество проектирования в значительной мере определяет получаемые результаты. В связи с этим значительный интерес представляет анализ ошибок, допущенных проектировщиками.

Ульяновский научно-исследовательский и проектно-технологический институт машиностроения провел исследования причин ошибок конструкторов. Исследователи провели статистический анализ внесения изменений в техническую документацию после передачи ее в серийное производство. Результаты (данные были получены на 26 предприятиях) представлены в таблице 17.1.

Таблица 17.1 – Причины и доля конструкторских ошибок

Причины ошибок	Процентная доля от общего числа выявленных ошибок
Недостаточно глубокая предпроектная проработка темы	30 %
Небрежность и невнимательность в работе исполнителей	14 %
Отсутствие проверочных расчетов на прочность, надежность	12 %
Применение оригинальных деталей и узлов при наличии стандартных	11 %
Неполное соответствие выполненных работ техническому заданию	7 %
Неполное соответствие (неадекватность) методик испытаний реальным условиям эксплуатации	6 %
Низкая квалификация разработчика	5 %
Другие причины	15 %

Анализ приведенных данных показывает, что классификация причин не вполне корректна. Так «применение оригинальных деталей и узлов при наличии стандартных» не причина, а скорее следствие недостаточно высокой квалификации разработчика или его невнимательности. То же можно сказать о «неполном соответствии выполненных работ техническому заданию». Бо-

лее того, несоблюдение требований технического задания следует расценивать как его невыполнение, что **недопустимо**. Требования технического задания, определяющие уровень качества изделия, могут уточняться и корректироваться с согласия заказчика после предпроектной проработки темы и доказательного обоснования, но проект изделия должен соответствовать уточненному техническому заданию.

Несмотря на определенные недостатки проведенного исследования, анализ полученных результатов позволяет предложить очевидные пути повышения качества проекта:

- не следует экономить на поиске аналогов проектируемого объекта и проведении предварительных исследований (пренебрежение этим элементом проектирования дает до 30 % ошибок);
- необходимо максимально использовать стандартные решения, обеспечивающие требуемый уровень качества. Это сокращает время разработки и исключает «оригинальные» ошибки (относительная доля ошибок по данной причине – 11 %);
- в процессе разработки следует в максимально возможной степени учитывать предполагаемые реальные условия эксплуатации изделия;
- как в любом производственном процессе, при разработках обязательно обеспечение квалифицированного и ответственного контроля, что позволит устранить ошибки из-за небрежности и невнимательности исполнителей (14 %), их недостаточно высокой квалификации (5 %), невыполнения обязательных проверочных расчетов (12 %).

В книге Балабанова [7] приведены перечень причин ошибок конструкторов и рекомендации по их профилактике.

Представленные причины ошибок:

1. Недостаточность экспериментальных исследований.

2. Недостаточное внимание к вопросам эксплуатации и обслуживания изделия.
3. Неудовлетворительная разбивка изделия на «сборочные единицы».
4. Простановка размеров не соответствующих действительным.
5. Использование покупных изделий не по назначению.
6. Отсутствие должного внимания к вопросам стандартизации.
7. Ошибки, связанные с литературными источниками (из-за опечаток, ошибок, устаревания данных).
8. Неритмичность в работе.
9. Неправильное использование заимствованных решений (не предназначенных для работы в режимах или при параметрах проектируемого изделия).

Как и в предыдущем случае, классификация причин не вполне корректна. Например, «простановка размеров не соответствующих действительным» – результат, а не причина, хотя само выражение требует пояснений из-за неоднозначности возможных трактовок. «Неправильное использование заимствованных решений» пересекается с «отсутствием должного внимания к вопросам стандартизации» и с «использованием покупных изделий не по назначению».

Там же приведены следующие рекомендации по профилактике ошибок:

1. Повышение квалификации разработчиков, в том числе с помощью техучебы.
2. Упорядочение работы проектировщиков с помощью письменных указаний.
3. Организация регулярной проверки работ.
4. Обсуждение хода работ и выявленных недостатков.
5. Обсуждение замечаний и предложений нормоконтролеров.

6. Учет возможностей конкретного потребителя документации, если таковой известен.

Такие рекомендации (кроме пятой) можно предложить любому разработчику, а также исполнителю других работ без предварительного анализа причин ошибок. С позиций функциональной экспертизы материалов научных исследований здесь имеет место типовая ошибка – выводы (в данном случае рекомендации) не вытекают непосредственно из проведенного исследования, значит, исследования можно было не проводить, а полученные исследователями материалы не использованы в достаточной степени.

Типовые ошибки, выявляемые при экспертизе

Опыт метрологической и стандартизационной экспертизы позволяет утверждать, что при экспертизе типовых объектов, наиболее часто встречаются однотипные ошибки, на выявление которых эксперту следует обратить особое внимание. Перечни типовых ошибок складываются при анализе материалов, накопленных при многочисленных экспертизах аналогичных объектов. Примером такого перечня является классификатор типовых ошибок для цифрового кодирования замечаний нормоконтролера, применяемый подразделениями стандартизации некоторых субъектов хозяйствования.

Наличие перечня типовых ошибок позволяет проводить профилактические работы для их предупреждения или хотя бы для снижения частоты их появления. Тем не менее, даже при активном предупреждении ошибок, анализ больших массивов экспертной информации показывает, что типовые ошибки встречаются всегда.

К самым общим ошибкам, выявляемым **при совместной** метрологической и стандартизационной экспертизе можно отнести:

- неконтролепригодность требований из-за некорректности их выражений, в том числе из-за противоречивости или неполноты информации;
- противоречия в нормировании свойств или параметров;

- невозможность обеспечить достоверную оценку выполнения требований из-за отсутствия критериев, методов и инструментальных средств.

Далее типовые ошибки дифференцированы по видам экспертиз.

Наиболее часто при **формальной стандартизационной экспертизе** (нормоконтроле) деталей обнаруживаются следующие ошибки:

- неправильное оформление основной надписи (отсутствие необходимой информации, подписей с указанием дат);
- неправильные обозначения материала детали в основной надписи;
- неправильный порядок записи технических требований;
- нарушение требований ГОСТ 8.417 и других стандартов при обозначении единиц физических величин;
- некорректные обозначения общих допусков;
- неправильные обозначения допусков формы и расположения поверхностей (например, стрелка от рамки допусков круглости, цилиндричности, радиального биения и некоторых других на продолжении размерной линии, или наоборот, для допусков соосности и иных, относящихся к оси цилиндрической поверхности, стрелка не на продолжении размерной линии);
- неправильные обозначения баз при назначении допусков расположения поверхностей и при обозначении допусков биений;
- отсутствие стандартных требований к точности параметров, в частности, отсутствие всех установленных стандартом требований к поверхностям, сопрягаемым с подшипниками качения;
- некорректно проставленные размерные цепи, отсутствие размеров, необходимых для разработки чертежей деталей (для чертежа общего вида).

К типовым ошибкам, выявляемым при **функциональной стандартизационной экспертизе** можно отнести:

- несоответствие заглавия и содержания документа или его части;
- использование некорректных терминов и обозначений;

- неправильное использование стандартных терминов и обозначений, включая неправильные обозначения требований к точности параметров на чертежах;
- неоднозначно сформулированные положения, требования;
- недостаток информации в документе;
- избыточная информация в документе;
- использование нестандартных элементов при наличии стандартных без необходимости;
- ошибки в содержании текстовых документов, записей технических требований или технических условий на чертежах.

Каждый нормоконтролер, работающий на конкретном предприятии с определенными объектами, может использовать представленный перечень и самостоятельно составить собственный.

Приведем примеры типовых ошибок и пояснения к некоторым их видам.

Несоответствие заглавия и содержания документа или его части встречаются как в текстовых документах, так и в графических. Оно может быть в виде неполного соответствия, возникающего из-за слишком широкого заголовка, не обеспеченного содержанием текстового материала, либо из-за неполного охвата заголовком его содержания. Возможно также полное несоответствие заглавия и содержания раздела документа в ситуации, когда текст был радикально переработан, а заголовок остался прежним. В текстовых документах такие дефекты легко выявляются сопоставлением заголовка и содержания. В графических документах встречаются некорректные наименования деталей типа «кронштейн», «рычаг» и некоторых других.

Некорректные термины, в том числе зафиксированные в стандартах как нерекомендуемые («замер», «забор пробы», «тарировка», «измерительный инструмент», «измерительное усилие» и др.) используются достаточно часто в силу традиций, причем встречаются весьма длительное время в литературе

и нормативной документации после отмены или замены терминов. Например, официально называемые «мерными сосудами» средства измерения объема жидкостей («сосуды измерительные»), жаргонные наименования средств измерений типа «мерник», «измеритель» (измеритель – не прибор, а субъект, осуществляющий измерения), иные профессиональные жаргонизмы («допусковый контроль», «размер в допуске» и др.).

Самостоятельно сконструированные разработчиками определения вводимых терминов часто фактически не являются определениями. К сожалению, примеры подобного подхода можно найти в действующей нормативной документации.

Из РМГ 43: *неопределенность (измерений) – параметр, связанный с результатом измерений и характеризующий рассеяние значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине.*

В определении смешаны неопределенность (качественная характеристика измерений) и количественные оценки неопределенности. Неопределенность измерений – сложное явление, а его количественную оценку может дать параметр случайного распределения.

Из РМГ 29: *случайная погрешность измерения – составляющая погрешности результата измерения, изменяющаяся случайным образом (по знаку и значению) при повторных измерениях, проведенных с одинаковой тщательностью, одной и той же физической величины.*

Если выделить суть «определения» получится, что случайная погрешность измерения та, которая изменяется случайным образом – типичный случай определения через определяемое. Требование *одинаковой тщательности* невыполнимо из-за его неопределенности, отсутствия критериев «одинаковости».

Погрешность метода измерений – составляющая систематической погрешности измерений, обусловленная несовершенством принятого метода измерений. Снова определение через определяемое, дополненное указанием

на систематический характер погрешности, что не является ее обязательным атрибутом. Подтверждение этого факта приведено в примечании к определению: «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. Оставляем без комментариев из-за явных недостатков (обратите внимание на выделенные нами слова).

Недостаток информации в документе может выражаться следующим образом:

- отсутствие на чертеже или рисунке минимально необходимого числа изображений (недостающие схемы, изображения, проекции, разрезы, сечения);
- отсутствие необходимых выносок, размеров (неполные размерные цепочки, отсутствие размеров и других геометрических параметров на повторяющихся однотипных элементах чертежа, например одинаковых подшипниковых шейках вала и др.);
- отсутствие логически вытекающих необходимых положений;
- отсутствие ссылок на использованные источники.

Избыток информации в документе может быть связан с дублированием некоторых положений, видов и размеров на чертежах, наличием информации, которая не является необходимой, не имеет непосредственного отношения к объекту экспертизы.

Неправильное использование терминов и обозначений встречается и в текстовых, и в графических документах. Множество типичных ошибок связаны с метрологическими характеристиками средств измерений, наименованиями физических величин, обозначениями их единиц, формами представления результатов измерений. Часто путают диапазон измерений с диапазоном

показаний (у измерительной головки нет диапазона измерений, нет его и у многозначной меры), обозначают диапазон одним пределом, называют номинальную ступень квантования «дискрета», «дискретность», «величина отсчета», «разрешающая способность».

Очень распространенными словосочетаниями являются «величина силы», «величина напряжения электрического тока» и им подобные, в то время как сила и напряжение сами являются физическими величинами. Часто нарушают правила обозначения единиц физических величин, которые представлены в ГОСТ 8.417. В обозначениях единиц физических величин часто отсутствуют пробелы между числом и обозначением единицы, обозначение единицы иногда переносят на следующую строку или страницу, некорректно обозначают диапазоны величин.

Формы представления результатов измерений часто не соответствуют требованиям обеспечения единства измерений в части представления оценки погрешности или неопределенности с указанием значения доверительной вероятности.

Использование нестандартных элементов конструкции при наличии стандартных обычно обнаруживается на чертежах и включает неприменение нормальных линейных размеров для несопрягаемых элементов деталей, использование нестандартных канавок, заплечиков, нестандартных значений допусков и др.

Среди неправильных обозначений требований к точности параметров и их значений на чертежах особенно часто встречаются неправильные указания допусков формы и расположения поверхностей (включая обозначения баз), параметров шероховатости поверхностей, неуказанных допусков размеров. Разработчики часто забывают, что допуск формы не может быть больше установленного по уровню относительной точности A (60 % от допуска размера или 30 % для симметричных поверхностей), что частные допуски формы не могут быть больше интегрального.

Недостаточно квалифицированные конструкторы не различают в обозначениях допусков формы и расположения те, что относятся к поверхности и те, что распространяются на ось или плоскость симметрии элемента. Те же ошибки характерны для обозначения баз при назначении допусков расположения.

Пока еще часто используют устаревшие обозначения параметров шероховатости поверхностей и допусков размеров, не указанных индивидуально (общие допуски). В старых документах эти обозначения были вполне корректными, но сегодня они должны фиксироваться как архаизм.

Знание стандартных требований к точности параметров составляют элементарную профессиональную грамотность разработчика. К ним относятся, например, требования к поверхностям, сопрягаемым с подшипниками качения (обязательное нормирование допусков формы сопрягаемых цилиндрических поверхностей, требований к их расположению, требований к торцовому биению привалочных плоскостей валов и корпусов, ограничение высотных параметров шероховатости сопрягаемых и привалочных поверхностей). Не следует забывать также наборы стандартных требований к резьбовым посадкам с натягом, к точности шпоночных сопряжений, зубчатых колес и передач и многому другому.

Часто встречаются также ошибки в текстовых записях технических требований или технических условий (нарушение требований ЕСКД), в том числе неправильный порядок записей, наличие неконтролепригодных требований, а также уже упоминавшиеся ошибки в обозначениях физических величин и их единиц.

К типовым ошибкам, выявляемым **при метрологической экспертизе**, можно отнести:

- недостаточно жесткие допуски на функционально важные параметры;
- необоснованно жесткие допуски параметров (включая функционально важные и особенно второстепенные параметры);

- несогласованные между собой допуски макрогеометрии (размеров, формы и/или расположения);
- высотные параметры шероховатости поверхностей, не согласованные с допусками макрогеометрии (размеров, формы и/или расположения);
- выбор в качестве конструкторских (а значит и измерительных) баз конструктивных элементов низкой точности;
- выбор в качестве конструкторских и измерительных баз осей или точек, получаемых геометрическими построениями, в том числе с использованием элементов, положение которых не ограничивается специальными точностными требованиями (допусками формы и расположения поверхностей);
- выбор в качестве измерительных баз поверхностей, не являющихся главными при функционировании детали (нарушение следствия из принципа инверсии).

Этот перечень также может быть дополнен экспертом-метрологом на основании собственного опыта экспертной работы. Перечень типовых ошибок может быть самостоятельно составлен экспертом на основании собственного опыта экспертной работы.

Методы устранения ошибок

Если говорить об укрупненной классификации причин ошибок разработчиков любых проектов, то их только две:

- небрежность и/или невнимательность в работе исполнителей;
- недостаточно высокая квалификация разработчика.

Поручение проектной работы исполнителю, квалификация которого недостаточно высока, является ошибкой руководителя. Каждому исполнителю следует поручать работу, соответствующую уровню его квалификации. Ошибка в выборе исполнителя может произойти из-за того, что его квалификация не соответствует занимаемой должности или ее оценка неоправданно

завышена, либо из-за неправильной оценки руководителем сложности поручаемой работы.

Отдельные ошибки разработчика, связанные с некорректным решением ранее не встречавшихся ему сложных задач, вполне возможны. Именно для их исправления его работу контролируют специалисты более высокой квалификации, в том числе руководитель разработки, эксперт-метролог и эксперт-стандартизатор.

Небрежность в работе исполнителя связана с его отношением к делу, поэтому руководству есть смысл подумать о наказании такого разработчика.

Что касается невнимательности исполнителей в ходе проектной работы, то она сама часто является следствием других исходных причин, к которым может относиться спешка из-за сжатых сроков работы или ее неудовлетворительной организации (неритмичность), перегруженность исполнителей из-за неправильной оценки руководителем сложности работы и недостаточного ресурсного обеспечения.

Анализ причин ошибок представляет собой отдельный вид экспертной работы и не имеет непосредственного отношения к метрологической и стандартизационной экспертизе.

Можно рекомендовать общие методы профилактики и устранения ошибок, выявляемых при метрологической и стандартизационной экспертизе.

- повышение квалификации разработчиков, в том числе для предупреждения типовых ошибок, выявляемых при метрологической и стандартизационной экспертизе (проведение обсуждений, семинаров, технического обучения и др.);
- разработка методических указаний или иных НД для упорядочения работы проектировщиков (особенно необходимо при внедрении новых стандартов или при внесении изменений в действующие стандарты);

- обеспечение квалифицированного и ответственного контроля с обязательным экономическим стимулированием (положительным и отрицательным);

Целевое повышение квалификации разработчиков должно быть направлено на профилактику типовых ошибок, для чего следует использовать обобщенные результаты экспертизы. Кроме того, для более грамотного выполнения функциональной экспертизы самими разработчиками полезно снабдить их соответствующими нормативно-методическими документами, разработанными на основе обобщенных материалов, полученных при анализе результатов экспертизы значительного числа объектов. Разработка и внедрение нормативных и нормативно-методических материалов в помощь экспертам и разработчикам для самостоятельного проведения экспертизы – одна из главных задач специалистов-экспертов. Квалификацию разработчиков можно считать достаточно высокой, если они будут самостоятельно решать тривиальные задачи и приглашать экспертов в случаях, когда их собственная компетенция окажется недостаточной.

18. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ И СТАНДАРТИЗАЦИОННОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

В нормативных документах, регламентирующих метрологическую экспертизу и нормоконтроль, разрешается использовать наиболее простую форму фиксации результатов – замечания эксперта в виде пометок на полях документа. Такая форма годится только при совместной оперативной работе эксперта с разработчиком и сравнительно небольшом числе дефектов. После исправления ошибок и согласования с разработчиком решений по предложениям, принятие которых не является обязательным, эксперт визирует оригиналы или подлинники документов. Этот метод работы можно с достаточным основанием назвать контролем (нормоконтроль, метрологический контроль или совмещенный стандартизационный и метрологический контроль). Однако опыт проведения экспертизы сложных объектов показывает, что область применения такого метода работы и оформления результатов весьма ограничена.

Для оформления результатов стандартизационной и метрологической экспертизы чаще используют общепринятый подход – разрабатывают и представляют экспертное заключение. Общие требования к такому заключению – оно должно соответствовать цели экспертизы и отвечать на поставленные перед экспертами вопросы. Форма заключения может быть произвольной, но оно в обязательном порядке должно содержать констатирующую часть (включая критику недостатков объекта) и резюмирующую часть (итоговую оценку объекта). Предложения эксперта, которые принято включать в итоговые документы стандартизационной и метрологической экспертизы, в традиционных экспертных заключениях **не являются обязательными** для исполнения.

Рекомендации эксперта на стадии проектирования объекта могут оказаться полезными, поскольку позволяют профилактировать нежелательные

ситуации. Однако следует учитывать, что за качество проектируемого объекта отвечает его разработчик, он и должен принимать соответствующие решения. Все предложения эксперта можно разделить на два вида:

- предложения по устранению ошибок разработчика;
- рекомендации, направленные на повышение уровня качества объекта.

Предложения первого вида подлежат неукоснительному исполнению, но их подробное оформление представляется избыточным. Формулировки слишком очевидны, чтобы вносить их в серьезный документ («привести в соответствие с требованиями стандарта», «заменить неправильное требование на корректно оформленное») и могут быть сведены к простейшей: «исправить ошибку».

Предложения второго вида могут обсуждаться и отвергаться, поскольку уровень компетентности разработчика по положению достаточно высок, а компетентность эксперта должна проявляться, прежде всего, в области его профессиональной деятельности, а не в области разработки экспертируемых объектов.

Формализацию представления результатов стандартизационной и метрологической экспертизы в свое время начали с нормоконтроля. Так для фиксации результатов нормоконтроля были разработаны табличные формы списков замечаний и предложений нормоконтролера, которые были включены в приложение ГОСТ 2.111 – 68. В разделе 5 этого стандарта говорится:

«Нормоконтролер в проверяемых документах наносит карандашом условные пометки к элементам, которые должны быть исправлены или заменены. Сделанные пометки сохраняют до подписания подлинников и снимает их нормоконтролер. Способ нанесения и снятия условных пометок устанавливает организация.»

В перечне (или журнале) замечаний нормоконтролера против номера каждой пометки кратко и ясно излагается содержание замечаний и предложений нормоконтролера. В организациях, где установлена система коди-

рования замечаний нормоконтролера, взамен изложения содержания замечаний проставляется соответствующий код по классификатору».

В таблице 18.1 представлена форма перечня замечаний и предложений, заимствованная из стандарта.

Таблица 18.1 – ПЕРЕЧЕНЬ ЗАМЕЧАНИЙ НОРМОКОНТРОЛЕРА

по _____

(наименование и обозначение изделия)

Обозначение документа	Документ (оригинал - О, подлинник - П)	Условная пометка	Содержание замечаний (или цифровой код по классификатору *)
	О	①	Специальный винт заменить стандартным по ГОСТ...
	П	①	Специальный допуск заменить на E8
		②	Конусность заменить на нормальную по ГОСТ...
		③	Размер "под ключ" выполнить по ГОСТ...
	О	①	Оригинальное исполнение червяка заменить типовым по ограничительной номенклатуре наличных червячных фрез.

* Для организаций, где принята система цифрового кодирования замечаний нормоконтролера

Дата _____ Нормоконтролер _____
 _____ личная подпись _____ расшифровка подписи

На многих предприятиях специально для нормоконтроля разрабатываются таблицы типовых замечаний. Обычно типовые замечания кодируют номерами, что не только дисциплинирует эксперта, но и сокращает объем механической работы в процессе экспертизы. Таблицы с кодовыми номерами типовых замечаний доступны разработчику, поскольку он должен принимать меры по устранению отмеченных экспертом недостатков.

В том же стандарте сказано, что «комплект всех перечней замечаний и предложений нормоконтролера по проекту служит исходным материалом для оценки качества выполнения проекта».

Именно «комплекты перечней замечаний» служат исходным материалом для составления таблиц кодировки типовых замечаний. Кодирование типовых замечаний с одной стороны свидетельствует о проведении службой стандартизации определенной аналитической работы, но с другой стороны – о наличии повторяющихся ошибок разработчиков, о пробелах в их профессиональных знаниях. Для устранения таких недостатков необходимо проводить семинары, техническое обучение или использовать иные формы повышения квалификации разработчиков. Однотипные ошибки могут допускать начинающие разработчики, например, молодые специалисты, и на них в первую очередь следует ориентироваться при разработке кодовых таблиц типовых замечаний.

Характерным случаем возникновения типовых ошибок опытных разработчиков может быть внесение изменений в стандарты или появление новых нормативных документов, существенно отличающихся от ранее действовавших. На сегодняшнем этапе могут сравнительно часто встречаться ошибки в обозначениях шероховатости поверхностей и общих допусков размеров. Для профилактики ошибок, связанных с пересмотром стандартов, полезно заранее провести повышение квалификации разработчиков в любой удобной форме.

Для оформления результатов метрологической экспертизы в литературе также предлагаются формы списков замечаний и предложений эксперта и формы экспертного заключения, включающего кроме реквизитов объекта экспертизы констатирующую часть и предложения по дополнению и изменению документации. Анализ показывает, что уровень формализации метрологической экспертизы пока очень невысок и необходимо разрабатывать новые формы документов в помощь экспертам.

Разнообразие экспертируемых объектов и целей экспертизы ставит сложную задачу перед разработчиками новых форм документов, определяющих порядок проведения и отражающих результаты метрологической экс-

пертизы. Оценка приоритетов со всей очевидностью показывает необходимость первоочередной разработки форм для наиболее объемных работ: экспертизы деталей и контрольных операций технологических процессов.

Промежуточные результаты метрологической экспертизы должны включать информацию по каждому из рассмотренных параметров детали и заканчиваться заключением о его контролепригодности. Они могут быть оформлены в виде карточек экспертизы (по одной на каждый параметр), отдельных разделов экспертного заключения (на каждый параметр, на деталь или на операцию измерительного контроля), либо строк специально подготовленной таблицы. Состав информации по каждому параметру должен быть однотипным. Можно предложить формы таблиц, которые позволят рационализировать проведение метрологической экспертизы. Такие таблицы в представлении в следующем разделе данной главы (см. приложение Б к проекту стандарта).

Применение таких таблиц для оформления промежуточных результатов метрологической экспертизы позволит обеспечить преемственность между экспертизой деталей и технологических процессов их обработки. Передача материалов экспертизы деталей технологу может существенно облегчить ему разработку операций измерительного контроля. Если в ходе метрологической экспертизы (метрологического контроля) промежуточные результаты не будут зафиксированы в некоторой форме, экспертизу каждого выходного параметра в технологических процессах придется проводить повторно.

Окончательные результаты метрологической экспертизы могут быть представлены в виде экспертного заключения, в которое промежуточные результаты экспертизы, как правило, не включают. При обнаружении ошибок разработчика они должны быть зафиксированы в экспертном заключении, сделанном по результатам метрологической экспертизы. В экспертное заключение кроме замечаний могут входить и предложения эксперта.

Поскольку по результатам экспертизы должны быть приняты определенные меры (ошибки исправлены, рекомендации приняты или отвергнуты), то при обнаружении экспертом ошибок, а также при наличии у него предложений, направленных на совершенствование объекта, экспертное заключение желательно представлять в виде двух частей, причем вторую часть заключения оформляют после исправления ошибок и внесения изменений.

Рекомендуемую форму экспертного заключения мы включили в проект стандарта организации по метрологической экспертизе, который представлен ниже.

Проект стандарта организации

Представленные материалы могут быть использованы как шаблон при подготовке проекта стандарта любой организации с необходимыми уточнениями, отражающими специфику субъекта хозяйствования (структуру, разрабатываемую и выпускаемую продукцию, технологические процессы). Элементы, требующие обязательного уточнения, выполнены подчеркнутым курсивом.

ПРЕДПРИЯТИЕ «XXXXXXXXXXXX»

УТВЕРЖДАЮ

Главный инженер

Х.Х.Хxxxxxxxx

«__» _____ 200 г.

Система менеджмента качества

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ,
КОНСТРУКТОРСКОЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Организация и порядок проведения

СТП XXX-200

Ключевые слова: документация конструкторская, документация технологическая, задание техническое, заключение экспертное, контролепригодность параметра, контроль метрологический, экспертиза метрологическая,

1 РАЗРАБОТАН:

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ распоряжением от _____ № _____

3 Введен впервые

Содержание

1 Назначение и область применения.....	
2 Нормативные ссылки.....	
3 Термины и определения.....	
<u>4 Ответственность</u>	
5 Права и обязанности экспертов.....	
6 Организация метрологической экспертизы на предприятии.....	
7 Порядок проведения метрологической экспертизы.....	
8 Оформление результатов метрологической экспертизы и их использование.....	
9 Совмещенный метрологический контроль и нормоконтроль	
Приложение А. Экспертное заключение.....	
Приложение Б. Формы таблиц для представления промежуточных результатов экспертизы	

1 Назначение и область применения

Настоящий стандарт устанавливает порядок проведения метрологической экспертизы (МЭ) объектов (изделий, процессов), представленных технической документацией в виде технических заданий (ТЗ), конструкторской документации (КД), технологической документации (ТД).

Стандарт разработан в развитие РМГ 63 и является обязательным для применения на предприятии при проведении метрологической экспертизы и метрологического контроля объектов.

2 Нормативные ссылки

ГОСТ 8.009 – 84 «ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений».

ГОСТ 8.417 – 2002 «ГСИ. Единицы величин».

РМГ 29-99 «Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения».

РМГ 63 «Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Государственная система обеспечения единства измерений. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Метрологическая экспертиза технической документации».

3 Термины и определения

Контролепригодность параметра – инструментальная доступность параметра и возможность обеспечения требуемой точности его контроля.

Метрологическая экспертиза (МЭ) – анализ и оценивание экспертами-метрологами правильности применения метрологических требований, правил и норм, в первую очередь связанных с единством и точностью измерений.

Примечание — Различают метрологическую экспертизу документации (технических заданий, проектов конструкторских и технологических документов, различных программ) и метрологическую экспертизу объектов (например, макетов сложных средств измерений, испытательных бассейнов) (РМГ 29-99).

Метрологический контроль объекта – проверка контролепригодности параметров объекта (изделия, процесса).

4 Ответственность

Ответственным за проведение МЭ на предприятии является руководитель отдела xxxxxxx.

Ответственным за правильность и объективность замечаний и предложений по результатам метрологической экспертизы являются лица, подписавшие экспертное заключение.

5 Права и обязанности экспертов

5.1 Эксперт имеет право не принимать на метрологическую экспертизу некомплектную документацию.

5.2 Эксперт имеет право требовать от разработчика необходимых пояснений, представления дополнительных источников информации, включая техническую документацию, справочную и научно-техническую литературу, использованную разработчиком.

5.3 Эксперт имеет право вносить предложения по разработке специальных методик выполнения измерений и/или нестандартизованных средств измерений, направленные на обеспечение контролепригодности экспертируемого объекта.

5.4 Эксперт имеет право вносить предложения, направленные на усовершенствование объекта. В случаях разногласий между экспертом и разра-

ботчиком эксперт имеет право защищать свою позицию перед техническим руководителем предприятия.

5.5 Эксперт имеет право вносить предложения по разработке и реализации мероприятий, направленных на совершенствование метрологического обеспечения.

5.6 Эксперт обязан внести в заключение по результатам экспертизы перечень всех выявленных им ошибок и других недостатков.

5.7 Эксперт не имеет права визировать документ до исправления всех выявленных им ошибок.

5.8 Эксперт несет ответственность за правильность и объективность заключений по результатам метрологической экспертизы. Эксперт не отвечает за качество объекта экспертизы, за что несет ответственность разработчик (конструктор, технолог, исследователь).

6 Организация метрологической экспертизы на предприятии

6.1 Планирование метрологической экспертизы осуществляет отдел xxxxxx. Результаты планирования метрологической экспертизы могут фиксироваться:

- как этапы в планах разработки, постановки на производство, технологической подготовки и других планах;
- как самостоятельный план метрологической экспертизы, либо соответствующий раздел в плане работ по метрологическому обеспечению.

Самостоятельный план метрологической экспертизы утверждает технический руководитель (главный инженер) предприятия.

При необходимости технический руководитель предприятия назначает проведение внеплановой метрологической экспертизы. Причинами внеплановой метрологической экспертизы могут быть:

- поломка изделия или авария при реализации процесса;

- несоответствие параметров объекта (изделия, процесса) требованиям технического задания;

- требования заказчика.

6.2 Формы организации метрологической экспертизы.

Метрологическую экспертизу могут проводить:

- эксперты-метрологи, являющиеся сотрудниками метрологической службы предприятия;

- эксперты-метрологи, являющиеся сотрудниками службы разработчика

- специально создаваемая комиссия либо группа специалистов с обязательным участием экспертов-метрологов;

- сторонние специалисты, привлекаемые к проведению метрологической экспертизы по договору.

6.3 Номенклатура продукции (объектов) которая должна подвергаться метрологической экспертизе:

- технические задания на разработку всех видов изделий и процессов;

- изделия, представленные конструкторской документацией (чертежами общего вида, сборочными чертежами и чертежами деталей);

- процессы измерений и измерительного контроля, представленные всеми видами технологической и конструкторской документации, включая процессы операционного контроля, методики контроля и испытаний при приемке изделий и др.

6.4 Сроки проведения и особенности организации метрологической экспертизы.

Метрологическую экспертизу технического задания эксперты-метрологи метрологической службы предприятия осуществляют после окончания его разработки.

Конструкторскую документацию изделий представляют на метрологическую экспертизу в метрологическую службу предприятия после завершения проектирования. Возможна также экспертиза на отдельных этапах проектирования, которую проводят эксперты-метрологи службы-разработчика.

Метрологическую экспертизу процессов (операций) измерений и измерительного контроля осуществляют эксперты-метрологи метрологической службы предприятия после окончания разработки документации.

В конфликтных ситуациях для метрологической экспертизы создают специальную экспертную комиссию, в которую включают специалистов метрологической службы предприятия и службы-разработчика.

Для проведения особо сложной метрологической экспертизы могут привлекаться высококвалифицированные сторонние специалисты.

6.5 Метрологическую экспертизу можно проводить на всех стадиях разработки документации изделий и процессов. Документация на метрологическую экспертизу представляется комплектно (вся документация, разработанная на соответствующем этапе).

6.6 Метрологическая экспертиза включает в себя метрологический контроль.

6.7 Обнаруженные при экспертизе ошибки подлежат устранению. Решения о внесении в документ изменений в соответствии с предложениями эксперта принимает разработчик. В случаях существенных разногласий между экспертом и разработчиком окончательное решение принимает технический руководитель предприятия.

6.8 Экспертное заключение утверждается руководителем отдела xxxxxxx. В случаях, когда к устранению разногласий привлекается технический руководитель предприятия, он может утвердить соответствующее экспертное заключение.

7 Порядок проведения метрологической экспертизы

7.1 Общие требования к метрологической экспертизе.

7.1.1 Метрологическая экспертиза включает проверку контролепригодности всех параметров, для которых установлены нормы точности.

7.1.2 При установлении неконтролепригодности параметров эксперт может предложить:

- проверить обоснованность норм точности, установленных на эти параметры;
- начать разработку нестандартизованных средств измерений и/или специальных методик выполнения измерений, обеспечивающих контролепригодность параметров.

Средства измерений и методики выполнения измерений должны быть аттестованы к соответствующему этапу производства.

7.1.3 Эксперт должен оценить возможность аттестации, поверки (калибровки) подлежащих разработке нестандартизованных средств измерений имеющимися методами и средствами. При отсутствии такой возможности эксперт обязан предложить начать разработку соответствующих методов и средств поверки (калибровки).

7.1.4 При установлении неконтролепригодности параметров эксперт фиксирует это в заключении с указанием ее причин.

7.2 Метрологическая экспертиза технического задания (ТЗ).

7.2.1 При метрологической экспертизе ТЗ анализируют исходные данные для решения вопросов метрологического обеспечения объекта в процессе его изготовления (реализации), приемки, эксплуатации (применения, потребления).

7.2.2 Экспертиза устанавливает контролепригодность всех параметров, для которых в ТЗ заданы нормы точности. При оценке контролепригодности следует ориентироваться на средства измерений и методики выполнения измерений, применяемые для ранее выпускавшихся аналогичных изделий.

7.2.3 Если в ТЗ указаны требования к точности измерительного контроля параметров, то экспертиза должна оценить обоснованность этих требований.

7.3 Метрологическая экспертиза объектов, представленных конструкторской документацией (КД).

7.3.1 При метрологической экспертизе изделия, проводимой по КД, анализируют исходные данные для решения вопросов метрологического обеспечения объекта в процессе его изготовления, приемки, эксплуатации (применения).

7.3.2. Проверка контролепригодности конструкции включает анализ правильности выбора конструкторских баз при назначении норм точности, связанных с выбранными базами, и возможности их использования в качестве измерительных баз.

7.3.3 Если неконтролепригодность вызвана несогласованностью взаимосвязанных допусков размеров, формы, расположения поверхностей и высотных параметров шероховатости поверхностей (как рассматриваемых, так и базовых) эксперт может предложить вариант согласования взаимосвязанных норм точности.

7.3.4 Если неконтролепригодность вызвана отсутствием соответствующих средств измерений и/или методики выполнения измерений эксперт может предложить принципиальную структуру специальных методик выполнения измерений и/или нестандартизованных средств измерений

7.3.5 При метрологической экспертизе по текстовой конструкторской документации (пояснительные записки к техническому или эскизному проекту, расчеты и др.), объектами экспертизы могут быть методики измерительного контроля, методики измерений (включая описание обработки результатов измерений), в том числе в составе операций регулировки или наладки изделий.

7.3.6 Если в состав конструкторской документации включены программы и методики испытаний изделия или его составных частей, основными объектами экспертизы в них будут методики измерений (включая обработку результатов измерений).

7.3.7 Если методики измерений представлены ссылками на соответствующие нормативные документы, то характеристики погрешности измерений не приводятся и методики измерений не экспертируются.

7.3.8 Если в состав конструкторской документации включены эксплуатационные и ремонтные документы основными объектами экспертизы в них будут все нормируемые параметры и методики их измерений (измерительно-го контроля). В этом случае необходимо учитывать отличия условий измерений в эксплуатации и при ремонтных операциях от условий производства продукции.

7.4 Метрологическая экспертиза объектов, представленных технологической документацией (ТД): технологическими инструкциями, регламентами, технологическими картами и др.

7.4.1 При метрологической экспертизе объектов, представленных ТД анализируют исходные данные для решения вопросов метрологического обеспечения в процессе изготовления объекта. Базой для экспертной работы на этом этапе являются результаты метрологической экспертизы ТЗ и КД.

7.4.2 В технологических документах основными объектами метрологической экспертизы могут быть методики измерений и измерительного контроля, в том числе в составе операций регулировки или наладки технологических процессов или изделий.

7.4.3 Основные задачи метрологической экспертизы операций (процессов) измерительного контроля, включенных в ТД, – установление соответствия требуемой и фактической точности измерений.

7.4.4 В ходе экспертизы методик измерительного контроля, представленных в технологической документации, необходимо проверить:

- правильность указания параметров, подвергаемых измерительному контролю;
- наличие нормированных диапазонов изменений этих параметров (или номинальных значений и допускаемых отклонений);
- наличие характеристик погрешностей измерений (допустимое и реализуемое значения);
- наличие наименований и обозначений применяемых средств измерений и вспомогательных средств (типов, классов точности и т.д.),
- наличие основных метрологических характеристик средств измерений (пределов измерений, пределов показаний, цены деления и др.).

8 Оформление результатов метрологической экспертизы и их использование

8.1 Результаты экспертизы могут быть оформлены в виде:

- замечаний (пометок) эксперта на полях документа;
- экспертного заключения.

8.2 Экспертное заключение по результатам метрологической экспертизы может составляться в следующих случаях:

- при необходимости отразить большое число замечаний и предложений;
- при проведении экспертизы группой экспертов-метрологов;
- при проведении экспертизы специально назначенной комиссией, включающей экспертов-метрологов и представителей разработчика;
- при проведении метрологической экспертизы сложных объектов.

8.3 Форма экспертного заключения представлена в Приложении А (справочном). Если ошибки разработчика не обнаружены и предложения по совершенствованию объекта у эксперта отсутствуют, можно не включать в экспертное заключение таблицы 1 и 2.

Промежуточные результаты метрологической экспертизы параметров деталей и элементов технологических процессов могут оформляться в виде таблиц формы которых представлены в Приложении Б (справочном).

8.4 Если результаты экспертизы оформлены в виде замечаний (пометок) на полях документа, то после внесения в документ необходимых изменений эксперт снимает пометки и визирует оригиналы или подлинники документов на поле для подшивки.

8.5 Если результаты экспертизы оформляются в виде экспертного заключения, то эксперт также визирует оригиналы или подлинники документов после внесения в документ необходимых изменений. Внесение изменений в документ фиксируется в экспертном заключении и подтверждается подписью эксперта. Утверждающая подпись на экспертном заключении ставится после его окончательного оформления.

8.6 Виза эксперта-метролога должна включать наименование работы (например, «Метрологическая экспертиза» или «МЭ», «Метрологический контроль» или «МК»), подпись эксперта с расшифровкой и дату визирования.

8.7 Экспертные заключения хранятся в отделе метрологического обеспечения. Работники отдела обязаны обобщать результаты метрологической экспертизы, выявляя характерные ошибки и недостатки в документации. Руководитель отдела метрологического обеспечения имеет право разрабатывать и предлагать мероприятия, направленные на предотвращение типовых ошибок, обнаруженных в ходе проведения метрологической экспертизы.

8.6 Отдел метрологического обеспечения осуществляет учет документации, прошедшей метрологическую экспертизу.

9 Совмещенный метрологический контроль и нормоконтроль

9.1 Совмещенный метрологический контроль и нормоконтроль включает проверку технической документации на соответствие требованиям дей-

ствующих нормативных документов по стандартизации (в том числе конкретным метрологическим требованиям) и проверку контролепригодности параметров объекта.

9.2 При нормоконтроле особое внимание следует уделять проверке соответствия наименований и обозначений указанных в технической документации единиц физических величин требованиям ГОСТ 8.417, проверке соответствия использованных метрологических терминов РМГ 29-99, проверке соответствия метрологических характеристик ГОСТ 8.009 и др.

9.3 Совмещенный метрологический контроль и нормоконтроль может осуществляться силами нормоконтролеров, прошедших специальную подготовку в области метрологии.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

УТВЕРЖДАЮ
руководитель метрологической службы

_____ наименование, организации

Подпись _____

Дата _____

ЭКСПЕРТНОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

на _____ наименование объекта, документа, его шифр

Разработчик объекта _____

Экспертизой установлено _____ обобщенные результаты экспертизы, выводы и рекомендации

Содержание конкретных замечаний и предложений приведено в таблице 1*

Таблица 1 – Замечания и предложения эксперта

Замечания			Предложения	Примечание
№№	Код	Содержание		

* Замечания и предложения эксперта фиксируют в таблице 1 при обнаружении ошибок, а также при наличии у эксперта предложений, направленных на совершенствование объекта. Если ошибки разработчика не обнаружены и предложения по совершенствованию объекта у эксперта отсутствуют, таблицу 1 в экспертное заключение можно не включать.

Если в таблицу 1 включены предложения по совершенствованию объекта, результаты принятия решений по предложениям эксперта и внесения изменений в объект экспертизы фиксируют в таблице 2.

Заключение составил эксперт _____ Подпись/подписи с расшифровкой

Дата _____

С заключением ознакомился разработчик _____ Подпись/подписи с расшифровкой

Дата _____

Таблица 2* – Изменения по результатам экспертизы

Предложения			Внесенное изменение	Примечание
№№	Код	Содержание		

*Таблицу 2 не включают в экспертное заключение, если предложения по совершенствованию объекта у эксперта отсутствуют, и нет необходимости внесения изменений в объект в соответствии с предложениями эксперта.

Внесенные изменения согласованы

разработчик _____
Подпись/подписи с расшифровкой

Дата _____

Оригиналы (подлинники) документов завизированы

эксперт _____
Подпись/подписи с расшифровкой

Дата _____

II. КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ

Вопросы к экзамену по дисциплине «Метрологическая экспертиза и нормоконтроль»

1. Метрологическая и стандартизационная экспертиза как составные части технической экспертизы объектов.
2. Общие цели и задачи метрологической и стандартизационной экспертизы.
3. Объекты метрологической и стандартизационной экспертизы и формы их представления.
4. Уровни целевых установок метрологической и стандартизационной экспертизы.
5. Структура экспертизы как научного исследования.
6. Принципы подготовки и проведения экспертизы: квантование экспертной деятельности и установление приоритетов.
7. Принципы подготовки и проведения экспертизы: унификация экспертных работ и форм представления результатов.
8. Принципы подготовки и проведения экспертизы: Использование в экспертизе научных основ метрологии и стандартизации. Обеспечение информационной безопасности потребителя результатов экспертизы.
9. Теоретические основы стандартизационной экспертизы: основные принципы стандартизации объектов.
10. Теоретические основы стандартизационной экспертизы: требования к объектам, проверяемым в ходе стандартизационной экспертизы, правила и методы нормирования.
11. Цели и задачи нормоконтроля документации.
12. Содержание нормоконтроля типовых объектов, порядок нормоконтроля.
13. Права и обязанности нормоконтролера.
14. Комплектность документации, представляемой на нормоконтроль. Этапы нормоконтроля, нормоконтроль оригиналов и подлинников.
15. Замечания нормоконтролера, кодирование замечаний. Порядок снятия пометок и подписи документов. Принятие решений по результатам нормоконтроля в спорных случаях.
16. Особенности экспертизы нормативных документов по стандартизации.
17. Научные основы метрологической экспертизы: требования к методикам выполнения измерений.
18. Научные основы метрологической экспертизы: корректно поставленные измерительные задачи.
19. Научные основы метрологической экспертизы: некорректно поставленные измерительные задачи.
20. Научные основы метрологической экспертизы: метрологическое моделирование и использование метрологических моделей при экспертизе.

21. Определение контролепригодности и инструментальной доступности параметров.
22. Проверка взаимной увязки параметров макрогеометрии.
23. Проверка взаимной увязки параметров макрогеометрии и высотных параметров шероховатости поверхностей.
24. Метрологическая и стандартизационная экспертиза изделий на базе конструкторской документации.
25. Метрологическая и стандартизационная экспертиза объектов на базе технологической документации.
26. Метрологическая и стандартизационная экспертиза средств измерений.
27. Метрологическая и стандартизационная экспертиза методик выполнения измерений.
28. Метрологическая и стандартизационная экспертиза материалов научных исследований: постановка и решение задач.
29. Метрологическая и стандартизационная экспертиза материалов научных исследований: исследование точности технологического процесса.
30. Организация метрологической и стандартизационной экспертизы.
31. Информационное обеспечение метрологической и стандартизационной экспертизы.
32. Автоматизация метрологической и стандартизационной экспертизы.
33. Оформление результатов метрологической и стандартизационной экспертизы.
34. Типовые ошибки, выявляемые при метрологической экспертизе. Причины, методы устранения.
35. Типовые ошибки, выявляемые при стандартизационной экспертизе. Причины, методы устранения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

1. Цитович, Б. В. Нормоконтроль / Б. В. Цитович. – Брест: БрГУ имени А.С. Пушкина, 2020. – 193 с.
2. Метрологическое обеспечение производства в машиностроении / В. А. Тимирязев [и др.]. – Москва: ИНФРА-М, 2019. – 257 с.

Дополнительная литература

1. Электронный учебно-методический комплекс по учебной дисциплине "Нормирование точности и технические измерения" [Электронный ресурс]; сост. С. Н. Бондаренко. – Минск: БНТУ, 2021.
3. Электронный учебно-методический комплекс по учебной дисциплине "Современные тенденции развития методов обеспечения качества" [Электронный ресурс]; сост.: П. С. Серенков, Е. А. Белова, А. Н. Рудая. – Минск: БНТУ, 2021.
4. Старотиторова, Я. В. Стандартизация и качество продукции [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / Я. В. Старотиторова; Белорусский национальный технический университет. – Минск: БНТУ, 2018.