

Всероссийский научно-исследовательский институт  
метрологической службы  
(ВНИИМС)

## **РЕКОМЕНДАЦИЯ**

**Государственная система обеспечения единства измерений.  
Обеспечение эффективности измерений при управлении  
технологическими процессами.  
Метрологическая экспертиза технической документации**

**МИ 2267-2000**

Москва  
2000

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

**1. РАЗРАБОТАНА** Всероссийским научно-исследовательским институтом метрологической службы (ВНИИМС)

**ИСПОЛНИТЕЛИ:** Н.П. Миф, к.т.н. (руководитель темы)

**2. УТВЕРЖДЕНА:** В Н И И М С

**3. ЗАРЕГИСТРИРОВАНА:** В Н И И М С

Номер документа	Пункт рекомендации
ГОСТ 8.417	1.5., 3.10.3.
ГОСТ 16263	1.5., 3.10.1.
ГОСТ Р 8.563	3.8.6.
РД 50-453-84	3.5.2.
РД 50-98-86	3.8.1., 3.8.7.
РД 50-454-84	3.10.2.
РД 50-160-89	3.10.3.
РМГ 29-99	1.5, 3.10.1
МИ 2179-2000	3.3.2.
МИ 1967-89	3.4.1., 3.8.6.
МИ 2232-2000	3.5.2.
МИ 2233-2000	3.7.2.
МИ 221-85	3.10.3.

# РЕКОМЕНДАЦИЯ

ГСИ. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Метрологическая экспертиза технической документации.

Взамен МИ 2267-93

Настоящая рекомендация устанавливает определение, цели, задачи, организацию работ, основные виды технической документации, подвергаемой метрологической экспертизе, оформление и реализацию результатов метрологической экспертизы технической документации.

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Метрологическая экспертиза технической документации - это анализ и оценка технических решений в части метрологического обеспечения (технических решений по выбору измеряемых параметров, установлению требований к точности измерений, выбору методов и средств измерений, их метрологическому обслуживанию).

1.2. Метрологическая экспертиза - часть комплекса работ по метрологическому обеспечению и может являться частью технической экспертизы конструкторской, технологической и проектной документации.

1.3. При метрологической экспертизе выявляются ошибочные или недостаточно обоснованные решения, вырабатываются рекомендации по конкретным вопросам метрологического обеспечения.

Метрологическая экспертиза способствует решению технико-экономических задач при разработке технической документации.

1.4. Метрологическую экспертизу можно не проводить, если в процессе разработки технической документации осуществлялась метрологическая проработка силами привлекаемых специалистов метрологической службы.

1.5. Метрологическая экспертиза включает метрологический контроль технической документации.

Метрологический контроль - это проверка технической документации на соответствие конкретным метрологическим требованиям, регламентированным в стандартах и других нормативных документах.

Например, проверка на соответствие требованиям ГОСТ 8.417 наименований и обозначений указанных в технической документации единиц физических величин или проверка на соответствие ГОСТ 16263, РМГ 29-99 использованных метрологических терминов.

1.5.1. Метрологический контроль может осуществляться в рамках нормоконтроля силами специально подготовленных в области метрологии нормоконтролеров.

1.5.2. Решения экспертов при метрологическом контроле имеют обязательный характер.

1.6. Общая цель метрологической экспертизы - обеспечение 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.

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.

## 2. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ПРОВЕДЕНИЮ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

2.1. При организации метрологической экспертизы на предприятии осуществляются следующие мероприятия:

- определение подразделения, силами специалистов которого должна проводиться метрологическая экспертиза;
- разработка нормативного документа, устанавливающего конкретный порядок проведения метрологической экспертизы на предприятии;
- планирование метрологической экспертизы;
- назначение экспертов;
- подготовка и повышение квалификации экспертов;
- формирование комплекса нормативных и методических докумен-

тов, справочных материалов, необходимых при проведении метрологической экспертизы.

## 2.2. Типичные формы организации метрологической экспертизы:

- силами экспертов-метрологов в метрологической службе 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.

Организация метрологической экспертизы проектов государственных стандартов возлагается на межгосударственные технические комитеты (МТК) или технические комитеты (ТК) и их подкомитеты (МПК или ПК) в соответствии с ГОСТ Р 1.11-99 «Государственная система стандартизации Российской Федерации. Метрологическая экспертиза проектов государственных стандартов», введенного в действие с 01.01.2000.

Проекты государственных стандартов, в которых излагаются методики выполнения измерений, предназначенных для применения в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора, должны подвергаться метрологической экспертизе в государственных научных метрологических центрах (метрологических НИИ). Данная экспертиза не проводится, если государственный научный метрологический центр ранее аттестовал стандартизуемую методику выполнения измерений.

Проекты государственных стандартов ГСИ, разрабатываемые государственными научными метрологическими центрами (метрологическими НИИ Госстандарта), на метрологическую экспертизу не направляют.

2.3. Нормативный документ, определяющий конкретный порядок проведения метрологической экспертизы на предприятии, должен устанавливать:

- номенклатуру продукции (виды объектов), документация на которую должна подвергаться метрологической экспертизе;
- конкретные виды технической документации и этапы ее разработки, на которых документация должна подвергаться метрологической экспертизе, и порядок представления документации на метрологическую экспертизу;

- подразделения или лица, проводящие метрологическую экспертизу;

порядок рассмотрения разногласий, возникающих при проведении метрологической экспертизы;

- оформление результатов метрологической экспертизы;
- права и обязанности экспертов;
- планирование метрологической экспертизы;
- порядок проведения внеплановой метрологической экспертизы.

2.3.1. В перечень документации, подвергаемой метрологической экспертизе, в первую очередь включается документация на продукцию (виды объектов), которая попадает в сферу распространения государственного метрологического контроля и надзора.

2.3.2. В нормативном документе, устанавливающем порядок и методику проведения метрологической экспертизы, не следует указывать требования к метрологическому обеспечению и метрологические требования к технической документации. Такие требования должны излагаться в других документах.

## 2.4. Подготовка, повышение квалификации экспертов.

Прежде всего, эксперт должен четко представлять свои функции. Эксперт не должен заменять конструктора, технолога, проектанта при разработке технической документации, ответственность за качество которой несет исключительно разработчик. Эксперт несет ответственность за правильность и объективность заключений по результатам метрологической экспертизы.

Эксперт должен хорошо представлять задачи метрологической экспертизы, обладать навыками их решения, уметь выделить приоритетные вопросы при рассмотрении конкретной документации.

Эксперты-метрологи должны хорошо представлять содержание

различных видов конструкторских и технологических документов 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).

Эксперты из числа разработчиков документации должны хорошо знать основные метрологические правила, ориентироваться в метрологических нормативных и методических документах, относящихся к разрабатываемым объектам.

Метрологическая служба предприятия должна заботиться о систематическом повышении квалификации экспертов.

2.5. Комплекс ИТД, методических документов и справочных материалов, необходимых при проведении метрологической экспертизы, должен включать основополагающие стандарты Государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ), стандарты ГСИ и других систем, относящиеся к разрабатываемой документации, 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 использоваться при разработке, производстве и применении продукции (объектов разработки).

2.5.1. Исходная информация о метрологических нормативных и методических документах содержится в следующих источниках:

Указатель нормативно-технических документов в области метрологии.

Указатель государственных стандартов. Изд-во стандартов.

Указатель состава комплектов средств поверки. ВНИИМС.

Ведомственные справочные материалы.

2.6. Использование вычислительной техники при проведении метрологической экспертизы.

Использование вычислительной техники значительно повышает эффективность метрологической экспертизы.

В настоящее время разработаны и нашли применение программные средства для ПЭВМ в области метрологического обеспечения, которые могут использоваться при метрологической экспертизе. В их числе следующие.

### 2.6.1. Автоматизированные базы данных (разработаны ВНИИМС):

- о технических характеристиках средств измерений, прошедших госиспытания и допущенных к обращению;
- о поверочных и ремонтных работах, проводимых государственными и ведомственными метрологическими службами;
- о нормативно-технической и справочной документации в области метрологии;
- об эталонах и установках высшей точности;
- об образцовых средствах измерений и поверочных устройствах;
- электронные каталоги выпускаемых приборов.

2.6.2. Автоматизированные системы расчета погрешности измерений, включающие базы данных о всех метрологических характеристиках широко применяемых типов средств измерений (разработаны ВНИИМС). В таких системах помимо результатов расчета суммарной погрешности измерений могут выдаваться значения составляющих погрешности, что даст возможность принять рациональные решения при выборе средств измерений и условий их эксплуатации, сделать объективные оценки по этим вопросам.

2.6.3. Автоматизированные системы оценки технического уровня средств измерений (разработаны ВНИИМС). Эти системы способствуют рациональному решению вопросов при разработке средств измерений, необходимости таких разработок.

### 2.7. Планирование метрологической экспертизы технической документации.

Важным организационным вопросом в проведении метрологической экспертизы является планирование этой работы.

Две целесообразные формы планирования метрологической 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.

#### 2.7.1. В плане целесообразно указывать:

- обозначение и наименование документа (комплекта документа-



ции), его вид (оригинал, подлинник, копия и т.п.);

- этап разработки документа;
- подразделение-разработчик документа и сроки представления на метрологическую экспертизу (Если документация разработана сторонней организацией, то указывается подразделение, отвечающее за представление документации на экспертизу);
- подразделение, проводящее метрологическую экспертизу и срок ее проведения.

2.7.2. Самостоятельный план метрологической экспертизы составляется метрологической службой, согласовывается с разработчиком документации и утверждается главным инженером (техническим руководителем) предприятия.

### 3. ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

3.1. Эксперт должен иметь в виду два исходных вопроса метрологического обеспечения любого объекта: что измерять и с какой точностью. От правильного, рационального решения этих вопросов во многом зависит эффективность метрологического обеспечения. Метрологическая экспертиза должна в максимальной степени способствовать рациональному решению этих вопросов. К этим двум приоритетным вопросам можно добавить еще 2 важных компонента метрологического обеспечения: средства и методики выполнения измерений.

3.2. Оценивание рациональности номенклатуры измеряемых параметров.

3.2.1. Измеряемые (контролируемые) параметры часто определяются исходными нормативными или другими документами на продукцию, технологию, системы управления или другие разрабатываемые объекты.

Например, в стандарте на конкретную продукцию устанавливаются характеристики продукции, а в разделе методов контроля указываются контролируемые параметры. Если таких исходных требований нет, то эксперт при анализе номенклатуры контролируемых параметров руководствуется следующими общими положениями:

- для деталей, узлов и составных частей изделий их контроль должен обеспечить размерную и функциональную взаимозаменяемость;
- для готовой продукции (в случае отсутствия требований к контролю в соответствующих нормативных или других исходных документах) необходимо обеспечить контроль основных характеристик, определяющих качество продукции, а в непрерывных производствах также количество продукции;
- для технологического оборудования, систем контроля и управления технологическими процессами необходимо осуществлять измерения параметров, определяющих безопасность, оптимальность режима по производительности и экономичности, экологическую защиту от вредных выбросов.

3.2.2. При анализе параметров, подвергаемых измерению и измерительному контролю, необходимо также принимать во внимание следующие соображения.

Многие технические характеристики деталей, узлов, составных частей изделий определяются предыдущими этапами технологических процессов, оборудованием, инструментом. Так размеры штампованных деталей определяются инструментом, поэтому их "поголовный" контроль нерационален.

Надо также принимать во внимание взаимосвязь параметров в технологическом процессе. Для параметров, не относящихся к наиболее важным, такая взаимосвязь может быть использована для сокращения числа измеряемых параметров. Для наиболее важных параметров эта взаимосвязь может быть использована в целях повышения точности измерений и надежности измерительных систем (по аналогии с дублированием измерительных каналов).

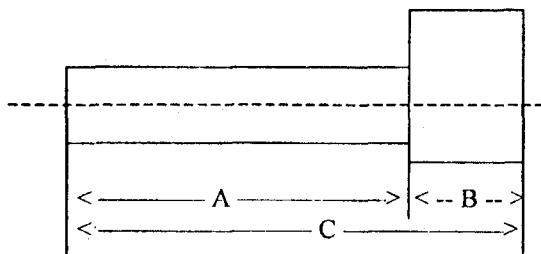
3.2.3. При анализе номенклатуры измеряемых параметров необходимо обращать внимание на четкость указаний об измеряемой величине. Неопределенность трактовки подлежащей измерению величины может привести к большим неучтенным погрешностям измерений. Необходимо выявлять избыточность измеряемых параметров, которая может привести к неоправданным затратам на измерения и метрологическое обслуживание средств измерений.

3.2.4. В некоторых случаях в документации можно встретить использование средств измерений и измерительных каналов АСУТП для целей фиксации состояния процесса или технологического оборудова-

ния (наличие или отсутствие напряжения питания, давления в питающей сети, перетекания среды и т.п.). Средства измерений в этих случаях служат индикаторами и могут быть заменены соответствующими сигнализаторами или подобными устройствами, а измерения таких параметров могут не производиться.

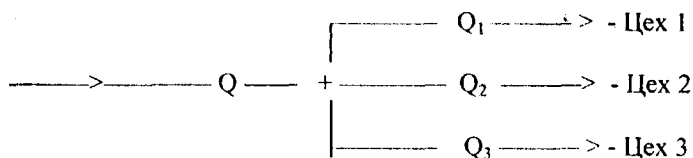
### 3.2.5. Примеры оценивания рациональности измеряемых параметров.

#### а) Измерение линейных размеров при контроле детали:



При измерениях размеров A и B размер C может не измеряться. Измерение размера C оправдано при необходимости контроля правильности измерений размеров A и B.

#### б) Измерения расхода газа на предприятии:



При измерениях расходов газа всеми потребителями на предприятии (расходы  $Q_1, Q_2, Q_3$ ) измерение общего расхода  $Q$  может не производиться. Он определяется суммой  $Q_1 + Q_2 + Q_3$ . Если расходомеры одинакового класса точности, то эта сумма расходов определяется более точно, чем результаты измерений расхода  $Q$  на "входе" предприятия.

Общий расход газа, поступающего на предприятие, может быть определен путем вычислений полусуммы  $0,5 (Q + Q_1 + Q_2 + Q_3)$ . Этот результат получается более точным по сравнению с точностью измерений  $Q$  на "входе" предприятия или суммы  $Q_1 + Q_2 + Q_3$ .

Такие соображения должны быть приняты во внимание при метрологической экспертизе проекта системы измерений расхода газа на предприятии.

### 3.3. Оценивание оптимальности требований к точности измерений.

3.3.1. Если в исходных документах (ТЗ, стандарты и т.п.) не заданы требования к точности измерений, то эксперт может руководствоваться следующими положениями.

Погрешность измерений, как правило, является источником неблагоприятных последствий (экономические потери, повышение вероятности травматизма, загрязнений 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 можно считать, что потери пропорциональны квадрату погрешности измерений, а затраты на измерения обратно пропорциональны погрешности измерений.

Оптимальной в экономическом смысле считается погрешность измерений, при которой сумма потерь от погрешности и затрат на измерения будет минимальной. Оптимальная погрешность во многих случаях выражается следующей зависимостью:

$$\delta_{\text{опт}} = 0,8 \delta \sqrt[3]{\frac{3}{\Pi}}$$

где:  $\delta_{\text{опт}}$  - граница оптимальной относительной погрешности измерений;

$\delta$  - граница относительной погрешности измерений, для которой известны потери  $\Pi$  и затраты на измерения  $З$ .

Так как обычно потери  $\Pi$  и затраты  $З$  могут быть определены лишь весьма приближенно, то точное значение  $\delta_{\text{опт}}$  найти практически невозможно. Поэтому погрешность может считаться практически близкой к оптимальной, если выполняется следующее условие:

$$0.5 \delta_{\text{опт}} < \delta < (1,5-2,5) \delta_{\text{опт}}$$

где:  $\delta_{\text{опт}}$  - приближенное значение границы оптимальной относительной погрешности измерений, вычисленное по приближенным значениям  $\Pi$  и  $З$ .

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.

3.3.2. При анализе требований к точности измерений наиболее важных параметров крупных технологических установок или других объектов, где погрешность измерений может приводить к значительным потерям, целесообразно руководствоваться положениями МИ 2179-91 "ГСИ. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Оптимизация точности измерений по экономическому критерию".

3.3.3. Когда погрешность измерений не может вызывать заметных потерь или других неблагоприятных последствий, пределы допускаемых значений погрешности измерений могут составлять 0,2-0,3 границы симметричного допуска на измеряемый параметр, а для параметров, не относящихся к наиболее важным, это соотношение может быть 0,5. При несимметричных границах и одностороннем допуске могут использоваться те же значения для соотношения пределов допускаемых значений погрешности измерений и размера поля допуска.

3.4. Оценивание полноты и правильности требований к точности средств измерений.

3.4.1. Погрешность прямых измерений параметра практически равна погрешности средств измерений в рабочих условиях.

При косвенных измерениях погрешность средств измерений состав-

ляет часть погрешности измерений. В таких случаях необходимо представление о методической составляющей погрешности измерений. Типичные источники методических погрешностей приведены в МИ 1967-89 "ГСИ. Выбор методов и средств измерений при разработке методик выполнения измерений. Общие положения".

3.4.2. 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 за счет фильтрация высокочастотных случайных составляющих погрешности средств измерений.

Как уже указывалось выше, чем точнее средство измерений, тем выше затраты на измерения, в том числе затраты на метрологическое обслуживание этих средств. Поэтому чрезмерный запас по точности средств измерений экономически не оправдан.

3.4.3. При анализе полноты требований к точности средств измерений необходимо иметь в виду, что пределы допускаемых значений погрешности средств измерений должны сопровождаться указанием условий эксплуатации средств измерений, включая рабочий диапазон измеряемой величины и пределы возможных значений внешних влияющих величин, которые характерны для данных средств измерений.

3.5. Оценивание соответствия точности измерений заданным требованиям.

3.5.1. Если погрешность измерений указана в документации, то при метрологической экспертизе она сравнивается с заданными требованиями.

Если такие требования отсутствуют, тогда приходится границы погрешности измерений сравнивать с допуском на измеряемый параметр. Выше уже приводились практически приемлемые соотношения границы погрешности измерений и границы поля допуска на измеряемый параметр (0,2-0,3 для наиболее важных параметров и до 0,5 для остальных).

3.5.2. Если погрешность измерений в документации (в отчете, ма-

териалах метрологической аттестации и т.п.) не указана, то эксперт должен, хотя бы приближенно, оценить расчетным способом эту погрешность. Методические рекомендации по оцениванию погрешности измерений приведены в МИ 2232-2000 "ГСИ. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Оценивание погрешности измерений при ограниченной исходной информации". Если имеют место прямые измерения и достаточная исходная информация, то можно использовать РД 50-453-84 "Методические указания. Характеристики погрешности средств измерений в реальных условиях эксплуатации. Методы расчета".

Эти же НТД могут быть использованы при анализе объективности расчетных или экспериментальных оценок погрешности измерений, приведенных в отчетах, материалах метрологической аттестации и т.п. документации.

При этом анализе необходимо иметь в виду 4 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.).

### 3.6. Оценивание контролепригодности конструкции (измерительных систем).

3.6.1. Под контролепригодностью конструкции изделия (системы) понимают возможность контроля необходимых параметров в процессе изготовления, испытаний, эксплуатации и ремонта изделий.

3.6.2. При метрологической экспертизе основное внимание уделяется анализу практическим возможностям измерительного контроля необходимых параметров, определяющих работоспособность изделия в указанных условиях. Обращается внимание на точность таких измерений, особенно в условиях эксплуатации и ремонта.

3.6.3. При метрологической экспертизе документации на измерительные системы необходимо оценить эффективность устройств и подсистем самоконтроля, в т.ч. подсистем контроля достоверности

измерительной информации, поступающей от датчиков.

3.7. Оценивание возможности эффективного метрологического обслуживания выбранных средств измерений.

3.7.1. При оценивании возможности эффективного метрологического обслуживания выбранных средств измерений руководствуются методами и средствами поверки, приведенными в документах ГСИ. На подавляющее число типов средств измерений соответствующие документы приведены в «Указателе НТД в области метрологии», средства поверки (калибровки) приведены в «Указателе состава комплектов средств поверки» (Изд. ВНИИМС).

3.7.2. В ряде случаев средства измерений (датчики и др.) недоступны в условиях эксплуатации, либо для этих условий отсутствуют эталоны.

Контроль метрологической исправности в таких случаях может осуществляться в соответствии с рекомендациями МИ 2233-2000 «ГСИ. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Основные положения» (раздел 4).

3.8. Оценивание рациональности выбранных средств и методик выполнения измерений.

3.8.1. Анализ рациональности выбранных средств измерений во многом облегчается, если имеются соответствующие документы по выбору средств измерений для конкретных задач, например, РД 50-98-86 "Выбор универсальных средств измерений линейных размеров до 500 мм (по применению ГОСТ 8.051-81)".

3.8.2. Во многих случаях такие документы отсутствуют. Эксперт должен проанализировать рациональность выбранных средств измерений не только в части точности измерений в условиях их эксплуатации, но и по следующим характеристикам:

- возможность использования средств измерений в заданных условиях;
- трудоемкость и себестоимость измерительных операций;
- целесообразность использования статистических методов контроля;
- соответствие производительности (инерционности) средств из-



мерений производительности технологического оборудования, потребностям систем управления в темпе поступления измерительной информации;

- удовлетворение требований техники безопасности;
- трудоемкость и себестоимость метрологического обслуживания.

3.8.3. При анализе указанных в документации методик выполнения измерений предпочтение должно быть отдано стандартизованным и аттестованным методикам. Эксперт может рекомендовать стандартизацию методик выполнения измерений при наличии соответствующих предпосылок к этому.

3.8.4. Необходимо оценить полноту изложенных методик, т.к. неопределенность в изложении некоторых операций, их последовательности и процедуры вычислений может приводить к значительной погрешности измерений.

3.8.5. При анализе соответствия погрешности измерений заданным значениям необходимо обращать внимание на возможность возникновения методических погрешностей.

3.8.6. Общие рекомендации по содержанию и изложению методик выполнения измерений приведены в ГОСТ Р 8.563-96 "ГСИ. Методики выполнения измерений", общие рекомендации по выбору средств и методов измерений в МИ 1967-89 "ГСИ. Выбор методов и средств измерений при разработке методик выполнения измерений. Общие положения".

3.8.7. Примеры оценивания рациональности выбранных средств измерений.

а) Измерение длины детали с заданной погрешностью измерений не более 25 мкм.

В соответствии с рекомендациями РД 50-98-86 для этих условий могут быть использованы следующие средства измерений:

- микрометр гладкий с отсчетом 0,01 мм при настройке на 0 по установочной мере;
- скоба индикаторная 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 предпочтительно, т.к. при этом обеспечивается меньшая трудоемкость измерений.

б) Измерение абсолютного давления насыщенного пара в конденсаторе турбины. Указанный параметр является одним из наиболее важных для управления турбиной и функционирования АСУТП.

Для измерительного канала этого параметра могут быть применены следующие типы датчиков:

- термометр сопротивления (используется функциональная 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.

Измерение температуры в точке установки термометра сопротивления выполняется достаточно точно. Инструментальная погрешность измерительного канала меньше инструментальных погрешностей измерительных каналов с другими типами датчиков. Однако, из-за неравномерности температурного поля в конденсаторе турбины измерение этим способом абсолютного давления пара сопровождается 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 обеспечивается наибольшая точность измерений. 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.

3.9. Анализ использования вычислительной техники в измерительных операциях.

Вычислительная техника находит все большее применение в изме-

рительных операциях. Часто средства вычислительной техники встраиваются в измерительные системы; измерительные каналы АСУТП обычно в своем составе содержат те или иные компоненты ЭВМ. В таких случаях среди объектов анализа при метрологической экспертизе должен быть 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 несоответствие вызвано 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.

### 3.10. Контроль метрологических терминов, наименований измеряемых величин и обозначений их единиц.

3.10.1. Правильное использование терминологии - залог предотвращения типичных ошибок и неоднозначности в содержании технической документации. Применяемые в технической документации метрологические термины должны соответствовать рекомендациям ГОСТ 16263 "ГСИ. Метрология. Термины и определения", РМГ 29-99 «Метрология. Термины и определения». Разъяснения метрологических терминов приведено в Словаре-справочнике "Основные термины в области метрологии" (Изд. стандартов, 1989). При метрологической экспертизе особое внимание необходимо обратить на терминологию в документации, используемой в различных отраслях народного хозяйства (технические условия, эксплуатационные документы и т.п.).

3.10.2. Наименования измеряемых величин могут быть самыми различными. Однако, в документации должны быть те или иные сведения, позволяющие судить о физической величине, подвергаемой измерениям с помощью средств измерений, "привязанных" к определенной поверочной схеме. Это необходимо для объективной оценки выбранных методов и средств измерений, возможности их метрологического обслуживания.

3.10.3. Единицы измеряемых величин должны соответствовать ГОСТ 8.417 "ГСИ. Единицы физических величин." с учетом РД 50-160-79 "Внедрение и применение ГОСТ 8.417-81", РД 50-454-84 "Вне-

дрение и применение ГОСТ 8.417-31 в области ионизирующих излучений" и МИ 221-85 "ГСИ. Методика внедрения ГОСТ 8.417-81 в области измерений давления, силы и тепловых величин".

#### 4. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ, ПОДВЕРГАЕМОЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЕ

В этой части приводятся основные задачи метрологической экспертизы, соответствующие основным видам технической документации.

В нормативных документах, устанавливающих порядок проведения метрологической экспертизы на конкретных предприятиях, в дополнение к приведенным в настоящем разделе могут быть указаны другие виды документов.

В технической документации всех видов проверяется правильность метрологических терминов, обозначения единиц физических величин.

##### 4.1. Технические задания.

4.1.1. В этом документе при метрологической экспертизе анализируются исходные данные для решения вопросов метрологического обеспечения в процессе разработки конструкции, технологии, систем управления и других объектов, для которых составлены ТЗ.

Два противоречивых требования встают перед экспертом. С одной стороны нерационально требовать в ТЗ развернутых указаний и требований 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.

Эксперт должен уметь найти разумный компромисс в этих противоречивых требованиях.

Если в ТЗ указаны номенклатура измеряемых параметров, требования к точности их измерений, то эксперт должен оценить оптимальность этих требований и возможность их обеспечения.

##### 4.1.2. Метрологическая экспертиза ТЗ на разработку средств из-

мерений должна включать оценку целесообразности, обоснованности разработки.

Особенно это касается средств измерений ограниченного применения.

Эксперт должен оценить возможность поверки (калибровки) имеющимися методами и средствами. При их отсутствии в ТЗ должны быть указания о разработке соответствующих методов и средств поверки (калибровки) разрабатываемых средств измерений.

4.1.3. Если предполагается использование разрабатываемых средств измерений в сферах, в которых осуществляется государственный метрологический контроль и надзор, то в ТЗ должны быть указания о необходимости проведения испытаний и утверждения типа средства измерений.

4.1.4. В ТЗ на разработку ИИС, ИВК, АСУТП необходимо проверить наличие и полноту требований к погрешности измерительных каналов. Под измерительным каналом следует понимать всю 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 должны быть заданы 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.

4.1.5. Если при разработке конструкции, технологии, систем управления или другого объекта предполагается разработка методик выполнения измерений, то в ТЗ целесообразны указания о необходимости их метрологической аттестации, а при широкой сфере применения методик их стандартизации.

4.1.6. Аналогичный анализ выполняется при метрологической экспертизе технического предложения, а также заявки на разработку средств измерений, ИИС и АСУТП.

4.2. Отчеты о НИР, пояснительные записки к техническому (эски-

зному) проекту, протоколы испытаний.

4.2.1. В отчете о НИР основными объектами анализа при метрологической экспертизе являются измеряемые величины, методики 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 необходимо проанализировать возможности поверки (калибровки) средств измерений и измерительных каналов, эффективность встроенных подсистем контроля работоспособности измерительных каналов и контроля достоверности поступающей от датчиков измерительной информации. При этом оценивается насколько используется информационная избыточность, возникающая за счет связей между измеряемыми параметрами и многократных измерений.

Аналогичный анализ выполняется при проведении метрологической экспертизы пояснительных записок к техническим (эскизным) проектам.

4.2.2. В протоколе испытаний обычно не излагаются методики измерений и не приводятся характеристики погрешности измерений. В таких случаях в протоколе должны быть даны ссылки на соответствующие нормативные или методические документы.

#### 4.3. Технические условия, проекты стандартов.

При метрологической экспертизе этих документов решаются практически все задачи метрологической экспертизы, т.к. в ТУ и многих стандартах излагаются метрологические требования, методы и средства метрологического обеспечения. ТУ и стандарты в наибольшей степени связаны с исходными НТД; эта связь и согласованность также должны быть в поле зрения эксперта. Анализу подвергаются следующие разделы: "Технические требования", "Методы контроля и испытаний" а также приложение (при его наличии) "Перечень необходимого оборудования, материалов и реактивов".

В ТУ и проектах стандартов на средства измерений анализируются также методы и средства их контроля при выпуске, согласованность этих методов и средств с методами и средствами поверки, регламентированными в документах ГСИ.

#### 4.4. Эксплуатационные и ремонтные документы.

В этих документах основные объекты анализа при метрологической экспертизе - точность и трудоемкость методик измерений и средств измерений, применяемых при контроле и наладке изделий, систем управления, продукции и т.п. Необходимо учитывать существенное отличие условий измерений в эксплуатации и при ремонтных операциях от условий, в которых создается продукция.

Может оказаться, что методы и средства измерений, которые обычно излагаются в технических условиях, не могут быть использованы в условиях эксплуатации и ремонта.

#### 4.5. Программы и методики испытаний.

4.5.1. При метрологической экспертизе этих документов основное внимание уделяется методикам измерений (включая обработку результатов измерений), средствам измерений и другим техническим средствам, используемым при измерениях, погрешности измерений. При испытаниях в лабораторных (нормальных) условиях методы и средства измерений аналогичны указанным в технических условиях. Но, если испытания проводятся в эксплуатационных условиях, то методы и средства измерений должны соответствовать этим условиям (в первую очередь по точности измерений),

4.5.2. Необходимо также обращать 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 должны быть предусмотрены меры, их ограничивающие.

#### 4.6. Технологические инструкции, технологические регламенты.

В технологических инструкциях могут излагаться методики измерительного контроля, измерений в составе операций регулировки или наладки изделий, либо делаться ссылки на соответствующие документы. В технологических регламентах обычно указываются параметры, подвергаемые 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 ука-

зываются пределы допускаемых погрешностей измерений.

Основные объекты анализа при метрологической экспертизе указанных документов - рациональность номенклатуры измеряемых параметров, выбранных средств и методик измерений, оптимальность требований к точности измерений, соответствие фактической точности измерений требуемой (при отсутствии требований к точности измерений - соответствие допускаемым отклонениям измеряемых параметров от номинальных значений).

#### 4.7. Технологические карты различных видов.

В этих документах, как правило, не приводят подробные изложения вопросов метрологического обеспечения. Поэтому сфера метрологической экспертизы значительно уже, чем в других приведенных в настоящем разделе видах документации, хотя количество технологических карт в производстве весьма велико.

В отраслях машиностроения важную роль играют измерения линейно-угловых величин. Специфическим объектом анализа при метрологической экспертизе технологических карт и инструкций в этих отраслях являются базы, от которых производятся измерения размеров или которые влияют на точность измерений.

#### 4.8. Проектная документация.

4.8.1. В проектной документации концентрируются практически все основные вопросы метрологического обеспечения. Поэтому метрологическая экспертиза проектной документации должна включать все перечисленные выше задачи. Объем проектной документации часто очень велик и эксперты должны хорошо ориентироваться в разделах (томах) этой документации.

4.8.2. В ряде отраслей вопросы метрологического обеспечения излагаются в специальном разделе проекта, что, по мнению некоторых метрологов, облегчает проведение метрологической экспертизы. Однако, такой вариант изложения проекта может создавать определенные трудности при метрологической экспертизе, т.к. изложение метрологических вопросов "оторвано" от объектов метрологического обеспечения.

4.8.3. При метрологической экспертизе проектной документации АСУТП необходимо обратить 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.

В таблице приводятся виды технической документации и соответствующие объекты анализа при метрологической экспертизе (отмечены +)

[illegible]

## 5. ОФОРМЛЕНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

5.1. Наиболее простой формой фиксации результатов метрологической экспертизы могут быть замечания эксперта в виде пометок на полях документа. После учета разработчиком таких замечаний эксперт визирует оригиналы или подлинники документов.

Другая типичная форма - экспертное заключение. Оно составляется в следующих характерных случаях:

- оформление результатов метрологической экспертизы документации, поступившей от других организаций;
- оформление результатов метрологической экспертизы комплектов документов большого объема или при проведении метрологической экспертизы специально назначенной комиссией;
- оформление результатов метрологической экспертизы, после которой необходимо вносить изменения в действующую документацию или разрабатывать мероприятия по повышению эффективности метрологического обеспечения.

Экспертное заключение утверждается техническим руководителем либо главным метрологом предприятия.

В ряде отраслей результаты метрологической экспертизы излагаются в списках (журналах) замечаний.

5.2. Учет документации, прошедшей метрологическую экспертизу, целесообразно осуществлять в специальном журнале.

5.3. Необходимо иметь в виду, что за качество документации отвечает ее разработчик, и он принимает решения по замечаниям эксперта. В случаях существенных разногласий между экспертом и разработчиком окончательное решение принимает технический руководитель предприятия.

Эксперт несет ответственность за правильность сделанных замечаний и предложений. В ряде отраслевых документов по проведению метрологической экспертизы некорректно указывается, что эксперт наравне с разработчиком несет ответственность за качество документации.

5.4. Замечания экспертов, которые приняты разработчиком документации, служат одной из предпосылок совершенствования метрологического обеспечения. Существенные замечания могут потребовать разработки и реализации определенных мероприятий. В этих случаях разработчиком совместно с экспертами-метрологами разрабатывается план мероприятий.

5.5. Экспертам-метрологам целесообразно систематически (ежегодно или чаще) обобщать результаты метрологической экспертизы, выявляя характерные ошибки и недостатки в документации и намечая меры по их предотвращению. Среди таких мер могут быть предложения по обучению разработчиков по тем или иным вопросам метрологического обеспечения, корректировке или разработке 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.