

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра метрологии и стандартизации

**В.И. Кириллов, Л.Е. Астафьева**

## ***МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ***

Учебно-методическое пособие  
для студентов специальности  
«Метрология, стандартизация и сертификация  
(радиоэлектроника, информатика и связь)»  
дневной формы обучения

В 4-х частях

Часть 4

Минск 2006

УДК 389.1 (075.8)

ББК 30.10 я 73

К 43

**Р е ц е н з е н т:**

первый заместитель директора Белорусского государственного  
института метрологии В.П. Лобко

**Кириллов В.И.**

К 43 Метрологическое обеспечение: Учеб.-метод. пособие для студ. спец.  
«Метрология, стандартизация и сертификация (радиоэлектроника, ин-  
форматика и связь)» дневн. формы обуч. В 4 ч. Ч.4 / В.И. Кириллов,  
Л.Е. Астафьева. – Мн: БГУИР, 2006. – 80 с.: ил.  
ISBN 985-444-975-0 (ч. 4)

Пособие охватывает большой круг вопросов, связанных с законодательной, технической, нормативно-методической, организационной и другими видами деятельности, направленными на обеспечение единства и требуемой точности измерений во всех сферах народного хозяйства.

Четвертая часть пособия посвящена описанию функций и задач, выполняемых метрологическими службами государственных органов управления, предприятий, организаций и юридических лиц. Наиболее детально рассматривается содержание различных видов метрологической деятельности на предприятии.

**УДК 389.1 (075.8)**

**ББК 30.10 я 73**

Первая, вторая и третья части пособия изданы в БГУИР  
в 2003, 2004 и 2005 гг. соответственно.

**ISBN 985-444-975-0 (ч. 4)**

**ISBN 985-444-554-2**

© Кириллов В.И.,  
Астафьева Л.Е., 2006  
© БГУИР, 2006

## Содержание

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ .....	4
ВВЕДЕНИЕ .....	5
1 МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ СЛУЖБА ГОСУДАРСТВЕННЫХ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ И ЮРИДИЧЕСКИХ ЛИЦ .....	8
1.1 Общие сведения .....	8
1.2 Метрологическая служба государственного органа управ- ления .....	10
1.3 Обязанности и права службы главного метролога государ- ственного органа управления .....	11
1.4 Функции и типовая структура метрологической службы предприятия .....	13
1.5 Вопросы для тест-контроля .....	19
2 СОДЕРЖАНИЕ ОСНОВНЫХ ВИДОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ ПРЕДПРИЯТИЯ .....	21
2.1 Общие сведения .....	21
2.2 Анализ состояния измерений .....	23
2.2.1 Цели и задачи анализа состояния измерений, контроля и испытаний .....	23
2.2.2 Проведение анализа состояния измерений, контроля и испытаний .....	26
2.2.3 Результаты анализа состояния измерений, контроля и испытаний .....	29
2.2.4 Особенности анализа состояний измерений в НИИ и проектно-конструкторских организациях .....	32
2.3 Установление рациональной номенклатуры контролируе- мых (измеряемых) параметров и соответствующих средств измерений .....	35
2.4 Метрологическая экспертиза технической документации. .	39
2.4.1 Цели и задачи метрологической экспертизы ТД .....	39
2.4.2 Содержание МЭ для разных видов ТД .....	43
2.4.3 Организация и порядок проведения МЭ, оформление результатов .....	50
2.4.4 Обязанности и права лиц, осуществляющих МЭ ТД ...	55
2.5 Метрологический контроль производственной деятельно- сти .....	57
2.6 Планирование работ по метрологическому обеспечению ..	62

2.7 Установление рациональных параметров системы метрологического обслуживания .....	67
2.7.1 Модель системы метрологического обслуживания ...	67
2.7.2 Качество системы метрологического обеспечения ....	73
2.8 Вопросы для тест-контроля .....	75
ЛИТЕРАТУРА.....	78

Библиотека БГУИР

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическими процессами

ГМН – государственный метрологический надзор

ГМС – государственная метрологическая служба

Госстандарт РБ – Комитет по стандартизации, метрологии и сертификации при Совете Министров Республики Беларусь

ГОУ – государственный орган управления

ИИС – информационно-измерительная система

ИК – измерительный канал

ИС – измерительная система

ИЭТ – изделие электронной техники

МА – метрологическая аттестация

МВИ – методика выполнения измерений

МК – метрологический контроль

МО – метрологическое обеспечение

МР – метрологическая рекомендация

МРБ (МРО, МРП) – метрологическая рекомендация Республики Беларусь (отрасли, предприятия)

МС – метрологическая служба (министерства, ведомства, государственного органа управления, предприятия, юридического лица)

МСП – метрологическая служба предприятия

МЭ – метрологическая экспертиза

МХ – метрологическая характеристика

НД – нормативный документ

НИР (ОКР) – научно-исследовательская (опытно-конструкторская) работа

НТД – нормативно-техническая документация

ОЕИ – обеспечение единства измерений

О(Р)СИ – образцовое (рабочее) средство измерений

П(К,И)Л – поверочная (калибровочная, испытательная) лаборатория

РД РБ – руководящий документ Республики Беларусь

СИ – средство(а) измерений

СМК – система менеджмента качества

СОЕИ – система обеспечения единства измерений

ТД – техническая документация

ТЗ (ТУ) – техническое задание (условие)

ТНПА – технический нормативный правовой акт (технический регламент, технический кодекс, государственный стандарт, технические условия)

## ВВЕДЕНИЕ

Объективная количественная информация о состоянии параметров качества продукции, а также о состоянии производственного процесса на всех его стадиях служит основой для принятия управленческих решений. Она направлена на установление, обеспечение и поддержание необходимого уровня качества продукции. На современном уровне производства основным источником такой информации являются **измерения**.

Средства измерений (СИ) в непрерывно усложняющихся условиях технологии современной научно-производственной деятельности выполняют ответственную роль. Если средства измерений применяются в производстве, то нарушение точности измерений может привести к необратимым потерям материалов, оборудования и денежных средств.

В науке – недостоверность измерительной информации может привести к неверным выводам и непредсказуемым результатам.

В охране труда – недостоверность измерительной информации может повлечь трагические последствия.

В системе обеспечения единства и требуемой точности измерений – нарушение правильности передачи единиц физических величин от эталонов к рабочим СИ может нарушить правильность измерений в каждой из перечисленных областей и, следовательно, привести к любому из приведенных нежелательных последствий.

Расширение масштабов автоматизации производственных процессов, возрастание требований к точности технологических и управленческих решений придают вопросам точности и достоверности измерений особую остроту и актуальность. При этом обеспечение единства и требуемой точности измерений является необходимым условием достоверности всей технологической информации и играет решающую роль в решении проблемы управления качеством. Низкая точность измерений приводит к нарушениям режимов технологического процесса и браку при контроле готовой продукции, что неизбежно вызывает потери на различных участках производства.

Важная роль в обеспечении единства измерений принадлежит **метрологическому обеспечению (МО) производства**, задачей которого является рациональная организация измерительного процесса, обеспечение достоверности его результатов. На предприятии МО относится к числу основных подсистем обобщенной системы управления качеством. Она предусматривает проведение мероприятий, направленных на повышение качества продукции с помощью внедрения более прогрессивных и современных методов и средств измерений, обеспечения постоянной готовности средств измерений к выполнению измерений с необходимой точностью, а также осуществления координации и методического руководства работами, направленными на обеспечение единства и достоверности измерений.

Анализ задач МО показывает, что они реализуются на всех стадиях жизненного цикла продукции.

На стадии **исследования и проектирования**, когда решаются задачи формирования требуемого уровня качества продукции и обеспечения оптимальных вариантов решений для достижения высоких конечных результатов, важнейшая роль принадлежит метрологической экспертизе проектов нормативно-технической, конструкторской и технологической документации; организации и проведению работ по установлению рациональной номенклатуры измеряемых параметров и оптимальных норм точности измерений, а также созданию и внедрению современных методик выполнения измерений, средств измерений, испытаний и контроля.

На стадиях **изготовления и эксплуатации (потребления)** продукции для решения задач планомерного улучшения качества выпускаемой продукции и обеспечения стабильности запланированного уровня качества продукции важную роль играет внедрение технических нормативных правовых актов (ТНПА), разработка и внедрение стандартов организации, которые регламентируют: основные положения МО разработки, производства, испытаний и эксплуатации продукции; организация поверки и метрологической аттестации применяемых средств измерений; контроль за производством, состоянием, применением и ремонтом средств измерений и соблюдением метрологических правил, требований и норм и др.

Являясь функциональной подсистемой системы менеджмента качества (СМК) предприятия, МО выполняет задачу организационной и технической координации метрологической деятельности, которую проводят в других функциональных подсистемах на всех стадиях производства, т.е. распространяет свою деятельность на все другие функциональные подсистемы. Поэтому в решении задач МО, наряду с метрологической службой, участвуют практически все подразделения предприятия.

Постоянное увеличение объема измерений и повышение доли затрат на их осуществление в общем объеме затрат на производство является одной из основных тенденций развития современного производства. В ряде случаев, например при производстве и эксплуатации радиоэлектронной и космической техники, в отрасли связи и некоторых других отраслях их доля составляет более половины всех затрат. В таких условиях МО является важнейшим элементом управления качеством, а его уровень оказывает не только косвенное (повышение качества продукции), а и непосредственное влияние на эффективность производства.

Метрологическое обеспечение производства, как вид деятельности, имеет комплексный и многосторонний характер. Его реализация осуществляется специальной метрологической службой предприятия совместно с другими подразделениями предприятия (конструкторами, технологами и т.п.), и с вышестоящими метрологическими службами, которые координируют деятельность родственных предприятий в рамках отрасли (ведомства, министерства).

Более детально и многосторонне эти вопросы рассматриваются в рамках учебной дисциплины «Метрологическое обеспечение», которая изучается студентами Белорусского государственного университета информатики и радио-

электроники (БГУИР), обучающимися по специальности «Метрология, стандартизация и сертификация (информатика, радиоэлектроника и связь)».

Предлагаемое учебное пособие соответствует рабочей программе этой дисциплины и состоит из четырех частей. Первая и вторая части этого пособия [19, 20] посвящены описанию структуры построения государственной метрологической службы и особенностям выполнения типовых процедур, таких как проверка средств измерений, аттестация, калибровка, государственные испытания, государственный метрологический надзор и др. Третья часть этого пособия [21] посвящена описанию Системы аккредитации Республики Беларусь, процедур аккредитации поверочных, калибровочных и испытательных лабораторий, а также критериям, которым должны удовлетворять эти лаборатории для обеспечения доверия к результатам измерений и испытаний.

Настоящая четвертая (заключительная) часть пособия посвящена описанию деятельности метрологических служб государственных органов управления, предприятий (организаций) и юридических лиц в части метрологического обеспечения качества выпускаемой продукции.

Материал учебного пособия базируется на соответствующих национальных и международных стандартах, руководящих документах Республики Беларусь и другой нормативно-методической документации. При этом, как и ранее в [19–21], анализируется содержательный, концептуальный характер этих документов без указания конкретных «рабочих» деталей (оформление, способ представления и т.п.). Поэтому данное учебное пособие нельзя рассматривать как некий сборник метрологических нормативных документов и ссылаться на него при выполнении реальных метрологических работ. В последнем случае следует использовать приведенный в пособии список литературных источников, включающий основные метрологические документы по рассматриваемым видам деятельности.

При подготовке пособия к изданию большую помощь авторам оказали инженеры кафедры метрологии и стандартизации БГУИР Е.В. Кармалыс и А.Е. Апарина. Авторы также благодарны рецензенту Лобко В.П., первому заместителю директора Белорусского государственного института метрологии, за внимательное прочтение рукописи и высказанные полезные замечания и предложения.



# 1 МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ СЛУЖБА ГОСУДАРСТВЕННЫХ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ И ЮРИДИЧЕСКИХ ЛИЦ

## 1.1 Общие сведения

Как уже говорилось, составной частью системы управления любой организации служит метрологическое обеспечение (МО).

МО не является новым направлением в деятельности предприятий. Имеется устоявшееся понятие МО, как комплекса организационно-технических мероприятий, направленных на достижение единства и требуемой точности измерений, который включает установление научных и организационных основ, применение технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений.

Проведение измерений невозможно без наличия ресурсов: персонала, проводящего измерения; инфраструктуры, необходимой для создания условий проведения измерений; оборудования, в том числе технологического, контрольно-измерительного, компьютерных средств, программного обеспечения и т.д.

Метрологические службы предприятий, организаций и других субъектов хозяйствования независимо от их структуры, обязаны обеспечивать в своих организациях: единство и необходимую точность измерений; повышение уровня измерительных возможностей; разработку документов по обеспечению единства измерений и организацию их выполнения; проведение метрологической экспертизы проектов нормативной, проектной, конструкторской, технологической и другой документации. При наличии юридической и технической возможности они могут проводить аттестацию методик выполнения измерений и испытаний, метрологическую аттестацию, поверку, калибровку средств измерений, аттестацию испытательного оборудования. Контроль за соблюдением метрологических норм и правил, как правило, организуется и проводится метрологическими службами организаций. На крупных предприятиях для этих целей создаются отдельные подразделения метрологических служб. Контроль за соблюдением метрологических норм и правил, выполнением методик измерений, состоянием, использованием, изготовлением, ремонтом средств измерений и другого измерительного оборудования является неотъемлемой частью системы менеджмента качества (СМК) и должен быть организован на всех, без исключения, предприятиях.

Введение в практику современных методов и средств измерений, направленных на повышение уровня научных исследований, эффективности производства и технического уровня качества продукции, а также иные работы, которые выполняются метрологами предприятия, устанавливаются в положениях о метрологических службах и способствуют развитию систем менеджмента качества в области контроля измерений.

К основным объектам метрологического контроля относятся средства измерений, стандартные образцы, испытательное оборудование, программные средства, для которых применяются разные виды метрологического контроля.

Для средств измерений – это поверка, калибровка, государственные испытания, метрологическая аттестация, которые проводятся в лабораториях, имеющих соответствующую техническую компетентность и разрешение на проведение данных работ.

Решающее влияние на качество, результативность и эффективность МО оказывает уровень решения проблемы общей организации и координации деятельности различных участников и их согласованных действий в рамках МО.

На основании Закона «Об обеспечении единства измерений» [32] государственное регулирование и управление в области обеспечения единства измерений осуществляются Президентом Республики Беларусь, Советом Министров Республики Беларусь, Комитетом по стандартизации, метрологии и сертификации при Совете Министров Республики Беларусь, иными государственными органами.

Метрологические службы республиканских органов государственного управления, местных исполнительных и распорядительных органов и юридические лица, в том числе государственные организации, подчиненные Совету Министров Республики Беларусь, создают при необходимости метрологические службы.

Метрологические службы республиканских органов государственного управления, местных исполнительных и распорядительных органов в сфере своей деятельности и в пределах своей компетенции осуществляют:

- разработку основных направлений и программ деятельности по обеспечению единства измерений;
- координацию деятельности метрологических служб юридических лиц, находящихся в подчинении этих органов;
- анализ состояния измерений;
- организацию разработки эталонов единиц величин, средств измерений и методик выполнения измерений;
- разработку предложений по установлению рациональной номенклатуры применяемого измерительного оборудования, измеряемых параметров и оптимальных норм точности измерений;
- организацию учета применяемого измерительного оборудования;
- работы по обеспечению достоверными данными о свойствах веществ и материалов;
- разработку документов по обеспечению единства измерений и проводят их метрологическую экспертизу;
- работы по выполнению требований, установленных в документах по обеспечению единства измерений;
- иные функции в соответствии с законодательством.

Метрологические службы юридических лиц, в том числе метрологические службы государственных организаций, подчиненных Совету Министров Республики Беларусь, в пределах своей компетенции осуществляют:

- обеспечение единства и требуемой точности измерений при выпуске продукции, выполнении работ и оказании услуг;

- внедрение в практику современных методик выполнения измерений и измерительного оборудования;
- учет применяемого измерительного оборудования;
- разработку документов по обеспечению единства измерений и организацию работ по их выполнению;
- метрологическую экспертизу проектов документов по обеспечению единства измерений, проектной, конструкторской и технологической документации;
- организационно-методическое руководство работами по обеспечению единства измерений при разработке, изготовлении, испытании и контроле производимой продукции;
- метрологический контроль в соответствии ТНПА;
- организацию поверки средств измерений, калибровки измерительного оборудования и ремонта измерительного оборудования;
- иные функции в области обеспечения единства измерений.

## 1.2 Метрологическая служба государственного органа управления

Как известно, для координации, управления и планирования деятельности родственных предприятий и организаций, относящихся к какой-то одной, определенной отрасли народного хозяйства, создаются государственные органы управления (ГОУ), например, министерство, ведомство, Государственный комитет и т.п.

Сеть метрологических органов отдельного министерства (ведомства) и их деятельность, направленная на обеспечение единства измерений, называется метрологической службой ГОУ.

Метрологическая служба ГОУ, являясь частью единой метрологической службы страны, осуществляет организационно-методическое руководство работами по обеспечению единства и требуемой точности измерений, которые выполняются на предприятиях и в организациях министерства (ведомства) и направлены на ускорение технического прогресса, повышение эффективности производства и улучшение качества выпускаемой продукции.

В соответствии с СТБ 8000-2000 [1] метрологическая служба государственного органа управления **создается для решения следующих задач** в области обеспечения единства измерений (ОЕИ):

- 1) определение основных направлений развития работ по ОЕИ при разработке, производстве, испытаниях и эксплуатации продукции на предприятиях ведомства (министерства) в закрепленных за ним областях;
- 2) организация и проведение анализа состояния измерений в отрасли и разработка на его основе концепций и программ по ОЕИ;
- 3) организация работ по установлению рациональной номенклатуры измеряемых параметров и оптимальных норм точности измерений на подведомст-

венных предприятиях;

4) организация работ по обеспечению достоверными данными о свойствах и составе веществ и материалов по соответствующим группам продукции;

5) организация работ по созданию и внедрению современных методик выполнения измерений (МВИ), установление номенклатуры применяемых средств измерений (СИ) и средств поверки в соответствии с утвержденными эталонами Республики Беларусь и действующими поверочными схемами;

6) разработка и внедрение ТНПА, в том числе технических кодексов установившейся практики, государственных стандартов и документов по ОЕИ согласно своей специализации;

7) организация метрологической экспертизы (МЭ) проектов предприятий, сооружений, продукции, импортируемого оборудования, конструкторской, технологической и эксплуатационной документации;

8) координация деятельности в области метрологии и организация метрологического контроля на подведомственных предприятиях;

9) организация подготовки, переподготовки, повышения квалификации кадров в области метрологии.

Задачи, обязанности, права, а также примерная структура подразделений метрологических служб регламентируются в Положении о метрологической службе, которое разрабатывается в порядке, установленном в организации.

Примечания:

1 Ранее задачи, обязанности, права ведомственных метрологических служб были определены в типовых положениях о метрологических службах (РТДП 54-75...57-75) [8–11], которые могут быть использованы только в качестве справочного материала

2 В Российской Федерации основные требования к метрологическим службам приведены в типовом положении «Положение о метрологической службе государственных органов управления и юридических лиц» (ПР 50-723-93)], которое может быть использовано только в качестве справочного материала.

### 1.3 Обязанности и права службы главного метролога государственного органа управления

Метрологическая служба государственного органа управления является составной частью единой метрологической службы страны и осуществляет комплекс мероприятий по метрологическому обеспечению работ на подведомственных предприятиях и организациях, которые направлены на обеспечение единства и требуемой точности из-

мерений, ускорение технического прогресса, повышение эффективности производства и улучшение качества выпускаемой продукции.

Служба главного метролога осуществляет организационно-методическое руководство работами по МО, их координацию и контроль за деятельностью метрологической службы подчиненных им организаций. Для этого в системе ведомства (министерства) может создаваться или структурное подразделение, или назначаться главный метролог, которые действуют в соответствии со своими полномочиями. Главный метролог министерства (ведомства) несет персональную ответственность за выполнение возложенных на службу задач.

Структура и штаты службы (отдела) главного метролога утверждаются руководителем ГОУ исходя из условий и особенностей производства, объема работы, возлагаемой на службу (отдел).

Служба главного метролога организует, координирует и контролирует работу подведомственных организаций **по следующим направлениям:**

1 Проведение анализа состояния измерений и уровня МО на стадиях разработки, производства, испытаний и эксплуатации в системе министерства.

2 Организация разработки на основе этого анализа ряда мероприятий по повышению уровня техники измерений, испытаний, контроля, а также по обеспечению единства и требуемой точности измерений с определением технико-экономической эффективности этих мероприятий.

3 Разработка основных направлений, программ и координация планов работ по МО, согласование их с соответствующими управлениями этого ведомства и другими заинтересованными ведомствами, включая Госстандарт, Минздрав, МВД и др.

4 Изучение потребностей предприятия министерства в СИ, испытаний и контроля (в том числе и импортных), в рабочих эталонах, поверочной аппаратуре, стандартных образцах состава и свойств веществ и материалов; подготовка и представление соответствующих предложений в Госстандарт и другие министерства и ведомства; организация учета рабочих эталонов, образцовых СИ, уникальных СИ и испытаний на предприятиях министерства.

5 Разработка перспективных и годовых планов НИР и ОКР, необходимых для создания новых методов и средств измерений, испытаний и контроля, новых государственных эталонов и поверочной аппаратуры, новых типов СИ и т.д.; согласование планов этих предприятий с соответствующими управлениями министерства (ведомства) и предприятиями министерства, а также с Госстандартом.

6 Разработка ТЗ на проектирование СИ в других министерствах и ведомствах. Обязательное участие главного метролога в приемке образцов этих СИ.

7 Осуществление ведомственного контроля за МО производства продукции, состояния и применения СИ, а также за соблюдением метрологических правил, требований и норм на предприятиях этого министерства.

8 Подготовка предложений по организации ремонта СИ, укреплению приборо-ремонтной базы министерства, проката СИ по специализации предприятий в проведении особо точных и специальных измерений (испытаний).

9 Подготовка предложений о техническом уровне и качестве СИ, а также о снятии с производства устаревших приборов и замене их новыми.

10 Организация совещаний, семинаров, конференций, выставок по вопросам МО, а также участие в работах по международному научно-техническому сотрудничеству в области метрологии.

11 Подготовка информационных материалов по вопросам МО в системе министерства.

12 Составление, подготовка и представление к рассмотрению на коллегии министерства отчетов, докладов, проектов и других материалов, касающихся состояния МО, измерительной техники и деятельности МС.

Для выполнения указанных функций службе главного метролога предоставлено **право**:

- 1) вести переписку с другими ведомствами по вопросам МО;
- 2) давать обязательные указания подведомственным предприятиям, организациям и учреждениям по вопросам, связанным с МО;
- 3) представлять министерство в органах Госстандарта и других организациях по вопросам МО;
- 4) контролировать работу метрологических служб нижестоящих организаций;
- 5) разрешать спорные вопросы и разногласия между организациями внутри ведомства и в межведомственных спорах по вопросам МО;
- 6) вносить предложения о запрещении применения технической документации или выпуска продукции при неудовлетворительном МО ее производства или содержания;
- 7) вносить предложения о поощрении работников предприятий и организаций за хорошую организацию работ по метрологическому обеспечению, внедрение современных методов и средств измерений и т.д.;
- 8) вносить предложения о привлечении к ответственности работников, виновных в неудачном составлении и неправильном использовании СИ, нарушении метрологических норм, правил, требований.

#### 1.4 Функции и типовая структура метрологической службы предприятия

Основным звеном метрологической службы в отрасли являются метрологические службы промышленных предприятий, научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических организаций, а также других субъектов хозяйствования, которые далее будем называть предприятиями.

Метрологические службы предприятий (МСП) в области обеспечения единства измерений в пределах своей компетенции осуществляют [1]:

- обеспечение единства и требуемой точности измерений, повышение уровня метрологического обеспечения предприятия;
- разработку документов по обеспечению единства измерений и организацию работ по их выполнению;
- метрологическую экспертизу проектов нормативной, проектной, конструкторской и технологической документации;
- метрологическую аттестацию методик выполнения измерений и испытаний;
- метрологическую аттестацию СИ;
- представление на метрологическую аттестацию и поверку эталонов и средств измерений;
  - поверку СИ;
  - калибровку СИ;
  - метрологический контроль за соблюдением метрологических правил и методик выполнения измерений, за состоянием, использованием, изготовлением и ремонтом СИ;
  - организационно-методическое руководство работами по метрологии при разработке, производственных испытаниях и эксплуатации продукции, выпускаемой субъектом хозяйствования;
  - аттестацию испытательного оборудования;
  - внедрение в практику современных методов и средств измерений, направленных на повышение качества научных исследований, эффективности производства, технического уровня и качества продукции, а также иных работ, выполняемых предприятием.

Метрологическая служба предприятия может быть самостоятельным структурным производственным или научно-исследовательским подразделением, и, как правило, возглавляется главным метрологом предприятия. В отдельных случаях (в силу производственных и экономических обстоятельств) эти функции в рамках МО возлагаются на одного или нескольких сотрудников, которые, не образуя структурного подразделения, осуществляют данный вид деятельности.

Структура метрологической службы предприятия разрабатывается исходя из особенностей производства, вида выпускаемой продукции, объема возлагаемой на нее работы. Структуру утверждает руководитель предприятия.

В своей работе метрологическая служба предприятия руководствуется законодательными актами Республики Беларусь, государственными стандартами и стандартами организации, а также положением о метрологической службе данного предприятия.

Главный метролог предприятия отвечает за выполнение метрологической службой предприятия возложенных на нее задач.

На предприятии должна существовать четкая регламентация прав и обязанностей всех звеньев метрологической службы и ее взаимодействия с другими подразделениями предприятий, в том числе с разработчиками, конструкторами, технологами, службой стандартизации, отделами испытаний и технического контроля.

**Основными направлениями деятельности метрологической службы промышленного предприятия являются:**

1) анализ состояния измерений и метрологического обеспечения производства.

2) контроль соответствия применяемых методов и средств измерений требованиям стандартов и технических условий.

3) метрологическая подготовка производства.

4) совместная работа с конструкторами и технологами по выбору методов и средств измерений, обеспечивающих выпуск качественной продукции.

5) определение оптимальной номенклатуры и планомерное внедрение средств и методик выполнения измерений, испытаний и контроля, отвечающих современным требованиям науки и производства и обеспечивающих:

- повышение эффективности научных исследований, проектных, конструкторских и экспериментальных работ;

- поддержание заданных режимов технологических процессов;

- объективный контроль качества продукции и повышение (производительности труда);

- контроль соблюдения безопасных условий труда при работе с измерительным оборудованием;

- участие в работах по организации и ведению учета и рационального использования материальных и энергетических ресурсов;

6) метрологическая экспертиза конструкторской и технологической документации;

7) участие в выявлении причин брака выпускаемой продукции;

8) участие в автоматизации производственных процессов;

9) разработка планов метрологического обеспечения производства;

10) разработка и внедрение НТД по метрологическому обеспечению производства;

11) разработка специального технологического измерительного оборудования;

12) изучение применяемых на предприятии методов измерений и их совершенствование;

13) изучение эксплуатационных свойств средств измерений;

14) метрологический контроль за правильным применением средств измерений, в том числе при учете материальных ценностей;

15) контроль за правильным монтажом измерительного оборудования;

16) разработка локальных поверочных схем;

17) своевременное представление средств измерений на поверку и метрологическую аттестацию;



18) проведение поверки и калибровки (при наличии аккредитованной лаборатории или соответствующего разрешения);

19) ведение учета всех применяемых средств измерений, составление графиков их поверки, ремонта, заявок на получение новых приборов;

20) ремонт и настройка средств измерений;

21) внедрение новых средств измерений;

22) входной контроль поступающих средств измерений;

23) контроль за разработкой, изготовлением и эксплуатацией средств измерения;

24) участие в испытаниях и аттестации качества продукции.

25) участие в аттестации испытательного оборудования;

26) информация о разработанных и изготовленных средствах измерений нормативной документации по метрологическому обеспечению;

27) взаимодействие с органами Госстандарта;

28) организация повышения метрологической квалификации сотрудников предприятия.

Кроме того, на метрологическую службу предприятия возлагаются такие функции, как:

- внесение руководству предприятия предложений о разработке, внедрении или отмене ТНПА, приказов, распоряжений и указаний по вопросам метрологического обеспечения;

- рассмотрение и выдача заключений по разногласиям между службами и подразделениями предприятия по вопросам оценки состояния, точности и выбора средств и методов измерений;

- предъявление руководителям всех подразделений предприятия обязательных предписаний об устранении выявленных нарушений метрологических правил, требований и норм и об изъятии из применения непригодных средств измерений, испытаний и контроля;

- содействие органам Госстандарта при осуществлении ими государственного надзора за метрологическим обеспечением разработки, производства, испытаний и эксплуатации продукции, состоянием, применением и ремонтом средств измерений, а также за деятельностью метрологической службы предприятия, предоставляя им средства измерений и испытаний, сведения и документы, необходимые для осуществления этих функций.

Метрологической службе предприятия **предоставляется право:**

1) разрабатывать методики поверки средств измерений специального назначения;

2) привлекать в установленном порядке к выполнению работ по метрологическому обеспечению другие службы и подразделения предприятия, а также при необходимости специалистов сторонних организаций;

3) вносить на рассмотрение руководства предприятия предложения о поощрении работников предприятия за внедрение новых прогрессивных средств и методов измерений, а также предложения о привлечении к ответственности лиц, виновных в нарушении метрологических правил, требований и норм в

применении неисправных, не поверенных в установленном порядке средств измерений;

4) получать от руководителей отделов, цехов и других подразделений предприятий материалы и сведения, необходимые для выполнения обязанностей метрологической службы;

5) представлять по поручению руководства предприятия в других организациях по вопросам метрологического обеспечения разработки, производства, испытаний и эксплуатации продукции и в других закрепленных за метрологической службой областях деятельности.

**Важнейшими направлениями совершенствования** метрологического обеспечения производства и повышения эффективности деятельности метрологических служб предприятий являются внедрение новых видов средств измерений и методов выполнения измерений, оптимизация парка рабочих и эталонных средств измерений и межповерочных/межкалибровочных интервалов, приближение поверочных и калибровочных работ, осуществляемых лабораториями, к месту эксплуатации средства измерений. Организация поверки и калибровки средств измерений, а, следовательно, и создание на предприятии собственных поверочных/калибровочных лабораторий, должно быть технико-экономически обосновано. При этом следует учитывать соотношение финансовых затрат предприятия на поверку и калибровку средств измерений в территориальных органах Госстандарта с затратами на организацию и проведение поверки средств измерений на предприятии собственными силами, в том числе:

- время нахождения средств измерений в поверке и калибровке;
- реальные возможности обеспечения поверочных подразделений метрологической службы помещениями, эталонными средствами и другим вспомогательным оборудованием;
- подготовку поверителей и калибровщиков, необходимых для обеспечения правильности проведения операций по поверке и калибровке на предприятии.

Структуры МС разных предприятий отличаются друг от друга и зависят от:

- типа производства;
- сложности и точности выпускаемой продукции и технологического процесса;
- сменяемости номенклатуры выпускаемой продукции;
- объема метрологических работ, в том числе экспертных;
- парка измерительного оборудования и видов измерений;
- периодичности измерений и поверки средств измерений и калибровки;
- интенсивности использования средств измерений;
- точностного уровня измерений;
- наличия эталонного оборудования и др.

Примерная структурная схема организации метрологической службы предприятия представлена на рисунке 1.1 [11]. Здесь непосредственно к отделу главного метролога относятся такие подразделения, как бюро выдачи СИ, ряд

аккредитованных поверочных лабораторий (ПЛ) по видам измерений, ремонтный участок и группа контроля и метрологической экспертизы (МЭ). Бюро выдачи СИ организует учет, хранение и выдачу СИ, имеющихся на предприятии. Ремонтный участок осуществляет несложный ремонт СИ (для сложного ремонта СИ отправляют в специализированную организацию или на завод-изготовитель). ПЛ проводят поверку и калибровку СИ. Группа контроля и МЭ отвечает за планирование, технико-экономический анализ и координацию работ по МО, а также за метрологическую экспертизу технической документации. Пунктирной линией на рисунке 1.1 обозначены подразделения предприятия, которые активно взаимодействуют с метрологической службой (отделом главного метролога). Например, отдел научно-технической информации и нормативной документации отвечает за хранение, учет, пополнение и актуализацию (внесение дополнений и изменений) действующих нормативных документов, которые относятся к деятельности метрологической службы. Отдел вычислительных систем организует базу данных для средств измерений и оперативную доставку данных об их состоянии. Плано-экономический отдел участвует в проведении расчетов, связанных с анализом технико-экономической эффективности тех или иных мероприятий по метрологическому обеспечению.

Библиотека БГУИР

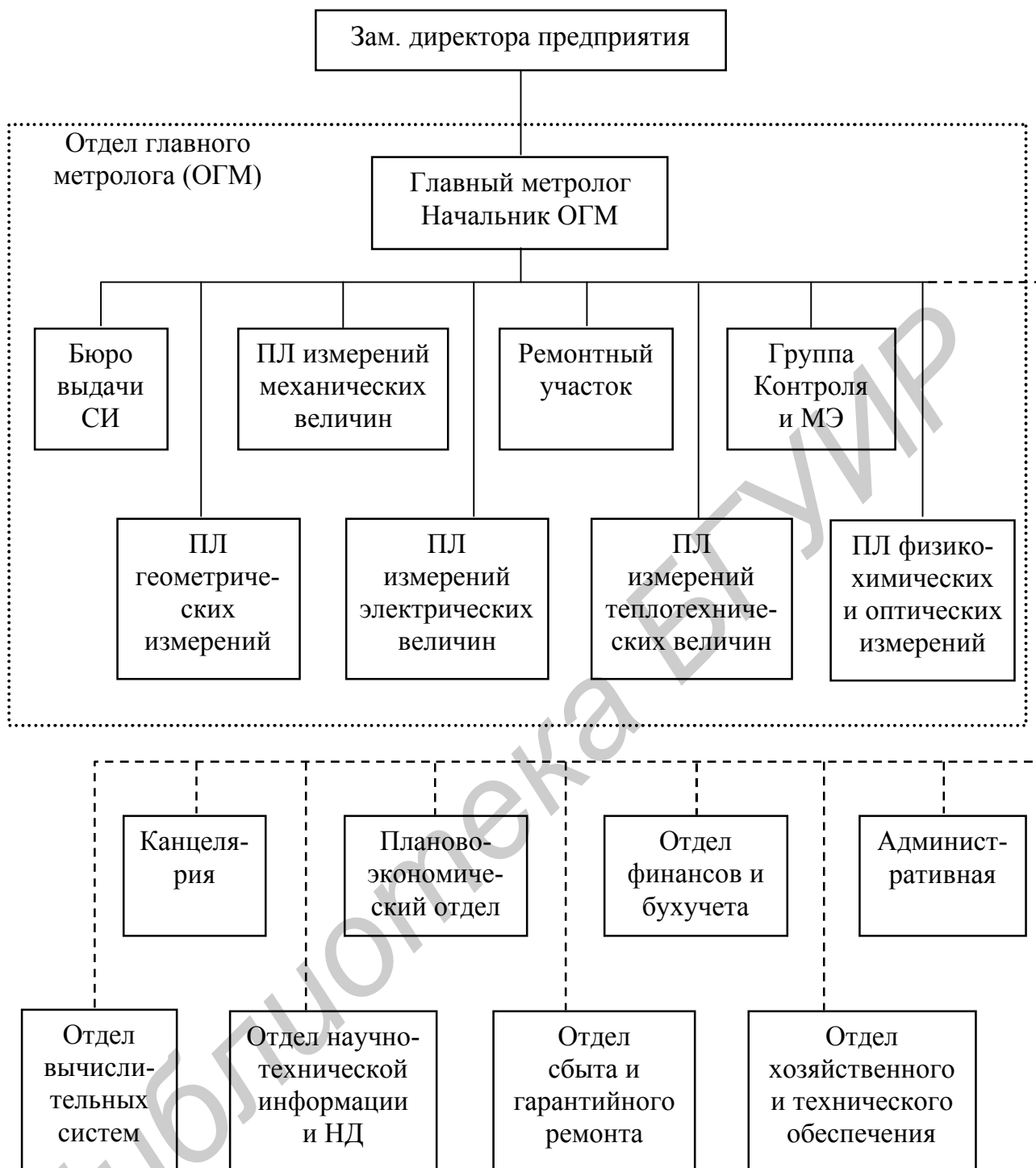


Рисунок 1.1 – Примерная структура организации метрологической службы предприятия

## 1.5 Вопросы для тест-контроля\*

### **1 Выберите наиболее полное и точное определение метрологического обеспечения (МО). МО – это...:**

1) комплекс организационно-технических мероприятий, направленных на достижение единства и требуемой точности измерений, который включает установление научных и организационных основ, применение технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений;

2) организация, которая осуществляет работы по обеспечению единства измерений, разрабатывает ТНПА, осуществляет поверку и ремонт средств измерений;

3) применение на предприятии технических средств, метрологических правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений;

4) правильных ответов нет.

### **2 Какую из перечисленных функций не должна выполнять метрологическая служба предприятия в области обеспечения единства измерений:**

1) метрологическую экспертизу проектов проектной, конструкторской и технологической документации;

2) метрологическую аттестацию методик выполнения измерений и испытаний;

3) поверку и калибровку средств измерений;

4) правильных ответов нет?

### **3 Кто осуществляет метрологическую экспертизу проектной, конструкторской и технологической документации:**

1) главный инженер предприятия;

2) главный метролог органа государственного управления;

3) Госстандарт;

4) правильных ответов нет?

### **4 Какие из нижеперечисленных совокупностей документов относятся к ТНПА:**

1) технические условия, технические регламенты, технические кодексы, государственные и отраслевые стандарты, стандарты организации;

2) технические условия, технические регламенты, технические кодексы, государственные стандарты, отраслевые стандарты;

3) технические условия, технические кодексы установившейся практики, государственные стандарты, технические регламенты, стандарты организации;

4) нет правильных ответов?

---

\* Может быть только один правильный ответ, в том числе и ответ типа «нет правильных ответов (вариантов)»

**5 Кем осуществляется государственное регулирование и управление в области обеспечения единства измерений:**

1) Президентом Республики Беларусь, Советом Министров Республики Беларусь, Комитетом по стандартизации, метрологии и сертификации при Совете Министров Республики Беларусь, иными государственными органами;

2) Президентом Республики Беларусь, Советом Министров Республики Беларусь, Комитетом по стандартизации, метрологии и сертификации при Совете Министров Республики Беларусь;

3) Советом Министров Республики Беларусь, Комитетом по стандартизации, метрологии и сертификации при Совете Министров Республики Беларусь, иными государственными органами;

4) правильного ответа нет?

**6 Каким из нижеперечисленных документов регулируются задачи, права, обязанности и ответственность метрологических служб предприятий:**

1) уставом предприятия;

2) положением о метрологической службе;

3) должностными инструкциями;

4) нет правильного ответа?

**7 От чего не зависит организационная структура метрологической службы предприятия:**

1) от штатного расписания;

2) объема метрологических работ;

3) сложности и точности выпускаемой продукции;

4) правильных ответов нет?

**8 Из предложенных вариантов выберите ответ, который наиболее полно отражает структуру метрологической службы предприятия:**

1) сектор гарантийного обслуживания, бюро выдачи приборов, ремонтный участок, группа контроля и МЭ;

2) сектор стандартизации и технического нормирования, бюро выдачи приборов, группа контроля и МЭ, аккредитованная поверочная лаборатория;

3) бюро выдачи приборов, ремонтный участок, группа контроля и МЭ, аккредитованная поверочная лаборатория;

4) правильных ответов нет.

**9 Какие мероприятия должны быть предварительно выполнены для создания метрологической службы (выберите наиболее точный и правильный ответ):**

1) направить в министерство официальное обоснование о необходимости создания метрологической службы на предприятии;

2) издать приказ о создании метрологической службы предприятия;

- 3) направить в Госстандарт официальное обоснование о необходимости создания метрологической службы на предприятии;
- 4) правильных ответов нет?

Библиотека БГУИР

## 2 СОДЕРЖАНИЕ ОСНОВНЫХ ВИДОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ ПРЕДПРИЯТИЯ

### 2.1 Общие сведения

Практика создания и функционирования системы МО свидетельствует о необходимости ее непрерывного совершенствования и развития в соответствии с постоянно растущими потребностями общественного производства, изменяющимися технико-экономическими и социальными условиями деятельности как отдельных предприятий, так и народного хозяйства в целом.

Выявление, установление и поддержание общественно необходимого уровня МО, являясь основной задачей управления МО, осуществляется с помощью систематического анализа соответствия показателей МО установленным требованиям (техническим нормативным правовым актам (ТНПА), стандартам, ТУ и другой НТД), целенаправленного воздействия на те условия и факторы, от которых зависит уровень МО, планирования и контроля деятельности в области МО.

Организация МО на предприятии регламентируется с помощью ряда рекомендаций, как международных, так и национальных и отраслевых. В их числе можно назвать Международный документ МОЗМ МД №16 «Принципы обеспечения метрологического контроля» [27], метрологические рекомендации МИ 2117-90 «Рекомендации по организации МО при внедрении стандартов ИСО 9000» [23], МИ 2116-90 «Анализ и оценка МО предприятия при внедрении стандартов ИСО 9000» [26], МИ 2240-92 «Методика и порядок проведения работ по анализу состояния измерений, контроля и испытаний на предприятии (организации, объединении)» [6] и др.

В соответствии с МИ 2117-90 основные организационно-технологические мероприятия по МО на предприятии в процессе проектирования, разработки, производства, монтажа и обслуживания продукции включают в себя:

- 1) выбор номенклатуры и параметров материалов, изделий и процессов, которые подлежат оценке при измерениях, испытаниях и контроле;
- 2) выбор номенклатуры числовых значений и форм представления показателей точности результатов измерений, испытаний, а также показателей достоверности контроля;
- 3) метрологическая экспертиза проектной, конструкторской и технологической документации;
- 4) разработка и аттестация МВИ, испытаний и контроля;
- 5) обеспечение процессов измерений, испытаний и контроля соответствующими техническими средствами;
- 6) поддержание технических средств в исправном состоянии;
- 7) обучение и повышение метрологической квалификации инженерно-технических работников, которые связаны с получением и использованием измерительной информации.

Все организационно-технологические мероприятия должны быть документально оформлены и входить, как составная часть, в документацию системы



качества предприятия, если оно претендует на сертификацию производства и продукции по стандартам ИСО 9000.

В соответствии с концепцией ИСО любая производственная деятельность рассматривается как процесс, где процесс – это совокупность взаимосвязанных ресурсов и процедур, которые преобразуют входящие элементы в выходящие. Например, к ресурсам могут относиться: персонал, средства обслуживания, оборудование, технологии и методики. Качество конечной продукции в виде заданных в техническом задании нормированных характеристик, «формируется» последовательно на выходах каждого процесса на протяжении всего жизненного цикла. Поэтому обычно говорят, что руководить качеством – это руководить сетью процессов, влияющих на качество выпускаемой продукции таким образом, чтобы поставить каждый процесс в управляемые условия с целью его эффективного руководства.

Чтобы решить эту задачу необходимо:

1) четко выделить и структурировать основные процессы в организации, влияющие на качество;

2) рассматривать каждый процесс в сети процессов как объект руководства, т.е. рассматривать его как объект с предписанными ему показателями качества, выраженными в виде диапазона допускаемых значений (как правило, через номинальные значения и поля допусков). При этом следует определить средства и методы по выявлению показателей качества процессов, нахождению числовых значений показателей, их контролю, обобщению и анализу;

3) определить средства и методы решения вопросов по обеспечению соответствия показателей качества процессов заданным нормативам.

Метрологическое обеспечение производства для предприятия означает переход от надзора и контроля за средствами измерений к метрологическому надзору и контролю за производством [12, 28, 29].

Процесс создания промышленной продукции состоит из двух основных этапов: подготовки производства и собственно производства новых изделий.

Большое значение для сокращения сроков разработки и изготовления продукции имеет качество подготовки производства, которое включает материально-техническое снабжение, конструкторскую, организационно-экономическую, финансовую и метрологическую подготовку.

Конструкторская подготовка – это разработка нового изделия, изготовление и испытание опытного образца.

Технологическая подготовка производства – это разработка технологических процессов.

Материально-техническое снабжение предусматривает оформление заявок, поставку материалов, деталей, комплектующих изделий.

Организационно-экономические и финансовые мероприятия связаны с организацией и планированием производства.

**Метрологическое обеспечение подготовки производства** – это комплекс организационно-технических мероприятий, определяющих с требуемой точно-

стью характеристики изделий, технологические процессы и оборудование, которые необходимы в производстве изделий. Оно включает:

- определение рациональной номенклатуры средств измерений, применяемых на предприятии;
- определение оптимальной номенклатуры измеряемых параметров и норм точности измерений, обеспечивающих достоверность входного и приемочного контроля изделий, узлов, деталей и материалов;
- обеспечение технологических процессов наиболее современными методиками выполнения измерений необходимой точности (в том числе проведение аттестации и стандартизации методик выполнения измерений);
- разработку и внедрение методик выполнения измерений, необходимых для обеспечения безопасности работ;
- составление рекомендаций по выбору средств и методов измерений;
- обеспечение производства стандартизованными средствами измерений, средствами измерений специального отраслевого назначения и, в необходимых случаях, нестандартизованными средствами измерений, предназначенными для конкретных технологических процессов, а также средствами обработки и представления результатов измерений;
- подготовку средств измерений к выполнению измерений с нормированной точностью;
- контроль за выполнением установленных нормативной документацией условий выполнения измерений в производстве;
- подготовку работников соответствующих служб и производственных подразделений предприятия к выполнению контрольно-измерительных операций.

Работу по метрологическому обеспечению подготовки производства на предприятии целесообразно начинать с анализа состояния измерений и метрологического обеспечения производства.

## 2.2 Анализ состояния измерений

### 2.2.1 Цели и задачи анализа состояния измерений, контроля и испытаний

Систематическое проведение анализа состояния измерений и уровня МО является основным источником информации, используемой в процессе принятия управленческих решений по вопросам совершенствования МО.

Основная цель анализа – определение организационно-технического уровня МО и разработка на его основе системы мероприятий, направленных на установление и поддержание необходимого уровня МО. От качества анализа, его глубины объективности зависит полнота охвата вопросов совершенствования МО.

Анализ проводится по следующим основным направлениям: метрологическая оценка технического обслуживания используемого технологического оборудования, оценка организации и производственной деятельности метрологической службы предприятия; оценка состава и МО средств измерений; оценка основных экономических показателей метрологической службы.

В процессе **метрологической оценки технического обслуживания технологического оборудования** проверяется: наличие необходимой документа-

ции по настройке и эксплуатации оборудования; наличие и выполнение графика профилактических мероприятий; обеспеченность профилактических мероприятий средствами измерений и методиками их выполнения; полнота и качество контроля параметров; наличие и состояние форм учета результатов контроля аппаратуры и др.

**Оценка организации и производственной деятельности метрологической службы** предусматривает проверку: наличия приказа о создании метрологического подразделения и согласованного с территориальными органами Госстандарта положения о метрологической службе; соответствия структуры и основных направлений деятельности метрологического подразделения утвержденным положению; укомплектованности специалистами, имеющими метрологическую подготовку; наличия НТД, регламентирующей объем и порядок работ по МО, а также эксплуатационной документации на средства измерений; качества учета средств измерений, правильности и своевременности оформления заявочных материалов на измерительную технику.

**Оценка состава и МО средств измерений** включает проверку: наличия и состояния средств измерений, применяемых на предприятии; организацию поверки и ремонта средств измерений; выполнения требований по хранению, содержанию и эксплуатации средств измерений; наличия необходимых для деятельности метрологических подразделений производственных площадей; обеспеченности автотранспортом для перевозки средств измерений и др.

В процессе **оценки основных экономических показателей метрологической службы** проверяется: наличие экономического обоснования организации метрологической службы; наличие расчетов экономической эффективности организации развития работ по поверке и ремонту средств измерений; наличие технико-экономического обоснования внедрения новой измерительной техники, а также новых методов измерений; планирование и учет текущих затрат метрологического подразделения.

При **оценке МО подготовки производства** проверяют: 1) наличие ТНПА, устанавливающих правила и положения МО подготовки производства; наличие СТП об организации и порядке проведения заводских испытаний выпускаемой продукции, об организации и порядке аттестации продукции; об организации и порядке проведения входного контроля изделий, узлов и материалов; 2) организацию и порядок проведения метрологической экспертизы конструкторской и технологической документации; 3) обеспеченность средствами измерений и наиболее современными методиками выполнения измерений; 4) обеспеченность и контроль выполнения установленных НТД условий выполнения измерений в производстве.

Анализ и обобщение полученных в процессе обследования данных позволяет судить о состоянии МО на предприятии и эффективности программ, направленных на совершенствование МО. На основе этой работы, в частности, могут быть подготовлены предложения по: оптимизации номенклатуры применяемых средств измерений; разработке новых типов СИ; разработке и пере-

смотрю НТД на методы и средства поверки; уточнению специализации конкретной поверочной лаборатории и др.

Результаты анализа – основа для принятия решения о необходимости выполнения расчетов оптимальной структуры метрологической службы предприятия, а также совершенствования ее деятельности.

**Анализ состояния измерения на предприятии** проводят в целях: 1) установления соответствия достигнутого уровня метрологического обеспечения современным требованиям производства и разработки на этой основе предложений по планированию его дальнейшего развития; 2) создания методов и средств измерений, испытаний и контроля, необходимых для интенсификации производства; 3) создания и внедрения новых видов техники и технологии; 4) повышения качества выпускаемой продукции; 5) более рационального использования материальных и трудовых ресурсов; 6) повышения достоверности результатов измерений при контроле за состоянием окружающей природной среды и условий труда.

При проведении анализа состояния измерений, контроля и испытаний устанавливается:

1) влияние состояния измерений, контроля и испытаний на основные технико-экономические показатели деятельности предприятия: качество, учет и сроки выпуска продукции, производительность труда, экономию различных видов материальных ресурсов и эксплуатационных затрат, снижение себестоимости продукции, эффективность мероприятий по охране труда и охране окружающей среды;

2) наличие на всех производственных участках предприятия (организации) необходимых ТНПА и другой нормативно-технической документации (НТД), конструкторской и технологической документации, в которых регламентируются требования к средствам и методам измерений, испытаний и контроля параметров продукции в процессе ее производства, испытаний, приемки и эксплуатации; при этом анализируется правильность отражения в НТД конкретных требований к нормам точности, методам, средствам, условиям, процедуре выполнения измерений, контроля, испытаний и методам оценки точности измерений, испытаний и контроля основных параметров продукции или технологических процессов, а также своевременность изъятия устаревшей документации;

3) состояние внедрения и соблюдения на предприятии (организации) основополагающих международных и государственных стандартов и другой НТД, регламентирующих требования к обеспечению единства и требуемой точности измерений, испытаний и контроля на всех стадиях разработки производства, испытаний, приемки и эксплуатации продукции;

4) состояние оснащения предприятия (организации) современными средствами измерений, испытаний, контроля, необходимыми для обеспечения оптимальных режимов технологических процессов, внедрения и эффективного функционирования автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП), объективного контроля качества сырья, материалов;

комплектующих изделий, узлов и блоков изделий, полупродуктов и готовой продукции, соблюдения правил безопасности труда, строгого учета всех видов материальных ресурсов, а также для проведения научно-исследовательских (НИР), опытно-конструкторских (ОКР) и проектных работ.

5) состояние обеспеченности планируемых разработок новой техники и технологии, а также освоения их производства и внедрения такими средствами измерений, испытаний и контроля, которые отвечают по точности (быстродействию, производительности, уровню автоматизации контрольных операций, совместимости средств контроля с технологическим оборудованием и т.п.) требованиям проектной, конструкторской и технологической документации, а также показателям лучших современных образцов.

6) соответствие научно-технического уровня находящихся в обращении средств измерений, испытаний и контроля современным требованиям разработки, производства, испытаний и эксплуатации продукции, а также показателям лучших современных аналогов.

7) эффективность использования находящихся в обращении средств измерений, испытаний и контроля, а также средств их градуировки, поверки и калибровки; интенсификация использования дефицитных средств, в том числе на основе развития коллективных форм пользования (организации пунктов проката и т.д.).

8) состояние аттестации, унификации и стандартизации применяемых методик измерений, испытаний и контроля важнейших параметров продукции, технологических процессов, параметров опасных и вредных производственных факторов, состояния окружающей природной среды.

#### 2.2.2 Проведение анализа состояния измерений, контроля и испытаний

Различают внешний и внутренний анализ состояния измерений, контроля и испытаний на предприятии. Внутренний анализ проводится самой метрологической службой предприятия с целью самосовершенствования и подготовки к внешнему аудиту.

**Внешний анализ** состояния измерений на предприятии проводится бригадой специалистов, назначенных приказом по министерству (ведомству), совместно со специалистами технических служб предприятия и с приглашением (при необходимости) специалистов Госстандарта. На руководителя метрологической службы предприятия (главного метролога) возлагается ответственность за организацию и проведение анализа.

Работы начинаются с рассмотрения ТНПА и НТД на выпускаемую продукцию, включая методы ее испытаний и контроля. При этом устанавливают:

- правильность заложенных в документации требований к методам и средствам контроля основных параметров продукции и производственных процессов, их соответствие государственным и отраслевым стандартам, техническим условиям;

- обоснованность требований к точности измерений параметров изделий и производственных процессов, соответствие форм выражения показателей точности стандартам;

- уровень стандартизации методик выполнения массовых измерений и обоснованность норм точности измерений, оцененных при аттестации методик;
- дополнительные (или повышенные) требования, которые должны быть включены в документацию с тем, чтобы обеспечить более эффективный контроль параметров для улучшения качества выпускаемой продукции.

ТНПА анализируют с участием службы главного технолога предприятия (технического отдела, группы стандартизации и нормализации, центральной лаборатории и т.д.) и ОТК. Они участвуют в заполнении формы «Перечень ТНПА на выпускаемую продукцию», в которую по предложению предприятия должны быть внесены на основе анализа соответствующие изменения. В перечень вносят документацию на выпускаемую продукцию (стандарты, технические условия и т.д.), указывая шифр и полное наименование документа. В форму-перечень вносят также все замечания к отдельным пунктам этих документов и конкретные предложения по их пересмотру или введению дополнительных требований, предложения по стандартизации или аттестации методик выполнения измерений.

В результате такого анализа документации выявляется взаимосвязь требований к точности контроля основных параметров с качеством выпускаемой продукции, системой учета материальных ресурсов и устанавливается, какие дополнительные требования должны быть включены в документацию или в каком направлении должны быть повышены предъявляемые требования в целях обеспечения более действенного контроля параметров, улучшения качества выпускаемой продукции и условий труда.

В подготовке материалов следует учитывать обратную связь с потребителем – претензии к качеству продукции, если это качество неудовлетворительно из-за недостатков в метрологическом обеспечении производства.

Далее анализируют оснащение производственных (технологических) процессов средствами измерений. При этом выявляют оснащенность производства отдельных видов продукции (отдельных технологических процессов, установок) средствами измерений, испытаний и контроля, соответствие их характеристик установленным в технологической документации, а также в государственных стандартах и технических условиях на продукцию.

При этом анализируется также обеспеченность контролем (измерениями) содержания вредных веществ в выбросах в атмосферу, в стоках и в почве в целях охраны окружающей природной среды. Анализ проводится по всем цехам, технологическим установкам, оборудованию, являющимся источником загрязнения окружающей природной среды. Состояние измерений содержания вредных веществ анализируется по номенклатуре контролируемых веществ, диапазонам измеряемых содержаний, значениям погрешности измерения, периодичности контроля и т.п. на соответствие требованиям, установленным в проектной, технологической или нормативно-технической документации. В результате такого анализа выявляется перечень методик и средств измерений, подлежащих доработке или новой разработке в целях обеспечения требуемой чувстви-

тельности, точности и производительности измерений, выполняемых на предприятии в целях контроля экологической чистоты применяемых технологий.

К этому анализу, а также к подготовке соответствующих материалов привлекают службы главного технолога, ОТК, центральную заводскую лабораторию и т.д.

По результатам этого направления анализа составляют «Ведомость параметров качества деталей, узлов изделий или параметров технологических процессов, не обеспеченных контролем (измерениями)», выявляют причины и последствия отсутствия на рабочих местах необходимых средств измерений, испытаний, контроля.

По результатам анализа оснащения производственных (технологических) процессов определяют потребность предприятия в серийно выпускаемых средствах измерений, а при необходимости, и новых средствах измерений, разработка которых может быть инициирована самим предприятием или включается в план организационно-технических мероприятий по улучшению метрологического обеспечения отрасли. Эти материалы готовит метрологическая служба предприятия.

Материалы по анализу организации и эффективности деятельности метрологической службы предприятия и состояния метрологического обслуживания средств измерений, применяемых на предприятии, готовит подразделение метрологической службы предприятия совместно с представителем территориального органа Госстандарта, входящего по приказу в состав бригады специалистов, проводящей обследование предприятия. В ходе этой работы выявляют:

- наличие положения о метрологической службе предприятия;
- соответствие структуры и основных направлений деятельности метрологической службы предприятия утвержденному положению; формы взаимодействия и сотрудничества метрологической службы предприятия с территориальным органом Госстандарта и метрологической службой своего министерства (ведомства);
- укомплектованность метрологической службы предприятия специалистами, имеющими соответствующую метрологическую подготовку;
- участие метрологической службы в проведении метрологической экспертизы технической документации, проведении метрологической аттестации методик выполнения измерений;
- состояние основных форм ведомственного контроля за средствами измерений на предприятии (наличие учета средств измерений, утвержденных поверочных схем, наличие и соблюдение графиков государственной и ведомственной поверки, выявление средств измерений, не охваченных поверкой);
- наличие планов внедрения новых средств измерений и сведений об экономической эффективности их внедрения.

При анализе метрологического обслуживания средств измерений, применяемых на предприятии, выявляют номенклатуру средств измерений, охваченных поверкой и ремонтом (с указанием ТНПА на методы и средства поверки и организаций, осуществляющих поверку и ремонт), а также СИ, не охваченных

поверкой; определяют потребность предприятия в образцовых средствах измерений, поверочном оборудовании (по номенклатуре и метрологическим характеристикам), стандартных образцах (или образцовых веществах), ТНПА, специальных помещениях для ведения метрологических работ в соответствии с требованиями ТНПА.

На основе результатов анализа обеспеченности поверкой и калибровкой применяемых на предприятии средств измерений определяют потребность предприятия в приобретении образцовых средств измерений, поверочного и калибровочного оборудования, в разработке новых образцовых средств измерений и поверочного оборудования (более высокой точности, производительности).

Далее выявляют номенклатуру применяемых на предприятии средств измерений, не обеспеченных ремонтом, и разрабатывают предложения по его организации.

Анализ состояния измерений, контроля, испытаний на предприятии проводится:

- **добровольно** (с периодичностью 1–2 года) – с целью разработки текущих планов организационно-технических мероприятий по дальнейшему повышению эффективности производства на основе совершенствования метрологического обеспечения, в том числе реализации интересов предприятия в поставках и разработках средств измерений, контроля, испытаний и подготовке материалов для осуществления маркетинговой деятельности в области измерений, контроля, испытаний и метрологического обслуживания (калибровки, ремонта и т.д.);

- **в обязательном порядке** – при аттестации производства, сертификации систем качества, аккредитации испытательных и метрологических лабораторий, по решению вышестоящих органов (например, с целью разработки научно-технической программы метрологического обеспечения отрасли, региона), по требованию Государственного заказа (при наличии государственных контрактов на закупки и поставку предприятием продукции для государственных нужд).

По решению предприятия могут проводиться целевые работы по анализу измерений, контроля и испытаний в производстве новых видов продукции, при освоении новых технологий, при учете материальных и топливно-энергетических ресурсов, в области безопасности труда и т.д.

**Внутренний анализ** состояния измерений, контроля и испытаний проводится комиссией, назначаемой руководителем предприятия и возглавляемой главным метрологом предприятия. При необходимости привлекают экспертов из других организаций, а также представителей основных потребителей продукции. В проведении внутреннего анализа принимают участие специалисты всех технических служб предприятия.

### 2.2.3 Результаты анализа состояния измерений, контроля и испытаний

По результатам анализа состояния измерений на предприятии составляется справка (отчет), в которой, кроме отмеченных выше материалов, должен быть указан ожидаемый технико-экономический эффект от обеспечения требуемой



точности контроля (измерений) основных параметров процессов или продукции, оценено влияние метрологического обеспечения на качество готовой продукции и правильность ее учета, на эффективность внедрения АСУ ТП.

Целесообразно перечень тех ТНПА на выпускаемую продукцию и методы ее испытаний, в которые, по мнению предприятия, должны быть внесены соответствующие изменения и дополнения на основе проведенного анализа, составлять в виде отдельного документа. В нем указываются замечания и конкретные предложения по пересмотру НТД или введению дополнительных требований, а также предложения по метрологической аттестации или стандартизации методик выполнения измерений. Возможный вариант оформления такого документа приведен в [6].

Аналогично составляется другой самостоятельный документ – ведомость параметров качества деталей, сборочных единиц, изделий в целом (или параметров технологических процессов и готовой продукции) по отдельным производственным участкам (точкам технологического процесса), а также параметров опасных и вредных производственных факторов, которые не обеспечены необходимым контролем (измерениями), с выявлением причин и последствий отсутствия необходимых средств и методов измерений. Возможный вариант оформления такого документа приведен в [6].

Сведения об обеспеченности выпускаемой продукции необходимыми средствами испытаний, которые соответствуют требованиям ТНПА, заносят в отдельную ведомость. Ведомость составляется по видам готовой продукции, выпускаемой предприятием. В ведомости должны быть указаны все технические характеристики отдельных видов выпускаемой предприятием продукции, которые подлежат испытаниям в соответствии с требованиями ТНПА на продукцию; шифр и наименование ТНПА, регламентирующих методику испытаний каждого из параметров, а также требования к испытательному оборудованию, материалам и реактивам, которые установлены в ТНПА на каждый метод испытания продукции (диапазон воспроизведения режимов и условий испытаний, точностные характеристики оборудования, тип и технические характеристики применяемых для этих целей на предприятии средств испытаний и их количество и т.д.).

В тех случаях, когда применяемые средства испытаний по каким-либо параметрам (диапазону воспроизведения режимов и условий испытаний, точности, производительности, уровню автоматизации) не отвечают требованиям, установленным в ТНПА, то в ведомости указывается наименование и тип того испытательного оборудования, которое отвечает требованиям ТНПА и должно быть на предприятии. Примерная форма ведомости приведена в [6].

Отдельными документами оформляются сведения о состоянии измерений содержания вредных веществ в выбросах в атмосферу, в стоки и в почву, а также перечень методик выполнения измерений содержания вредных веществ, которые требуют доработки, метрологической аттестации или новой разработки по предложению предприятия.

Подготовка сведений о состоянии измерений при контроле загрязнений окружающей природной среды ведется, как правило, службой главного технолога и службой охраны природы с участием специалистов метрологической службы.

В отдельном документе приводятся сведения о средствах измерения (по видам и областям измерений и общему количеству на предприятии), которые обеспечены поверкой, калибровкой и ремонтом с указанием организаций, осуществляющих поверку и ремонт.

Как уже говорилось, в ходе анализа выявляется номенклатура средств измерений, которые не обеспечены поверкой и калибровкой, и потребность предприятия в эталонах, образцовых средствах измерений, другом поверочном оборудовании, стандартных образцах состава и свойств веществ и материалов, ТНПА, а также специальных помещениях для ведения метрологических работ в целях организации калибровки средств измерений этой номенклатуры.

Эти сведения сводятся в отдельный документ, примерная форма которого приведена в [6].

В ходе анализа состояния измерений, испытаний и контроля выявляются претензии предприятия к качеству изготовления и техническим характеристикам средств измерений, контроля и испытаний, применяемых на данном предприятии, и рассматриваются предложения по устранению этих недостатков, повышению технического уровня этих средств измерений в соответствии с требованиями технологии производства, привлечения других поставщиков. Претензии и предложения предприятия оформляются по определенной форме [6]. Аналогичные предложения составляются по пересмотру отдельных пунктов ТНПА и НТД на средства измерений, методики их поверки и калибровки в целях уточнения или повышения требований к выполнению измерений, снижения трудоемкости поверочных работ и т.п.

На основе обобщения материалов анализа состояния измерений, контроля и испытаний на предприятии (в организации) должны быть подготовлены предложения по улучшению метрологического обеспечения производства и меры по их реализации.

В частности, при выявлении в ходе анализа метрологически необеспеченных технологических процессов следует:

- увеличить количество и расширить номенклатуру серийно выпускаемых средств измерений;
- оздать нестандартизированные средства измерений специального отраслевого назначения;
- приобрести импортные средства измерений;
- повысить надежность, уровень автоматизации, производительность, улучшить динамические характеристики средств измерений.

При этом все предложения по приобретению недостающих средств измерений, разработке новых средств и методов измерений, совершенствованию структуры органов метрологической службы должны быть обоснованы не только технически, но и экономически.

Кроме перечисленных вопросов следует учитывать влияние состояния измерений на качество и сроки выполнения работ, объективность результатов исследований, коэффициент использования имеющегося парка средств измерений. Как правило, имеется несколько вариантов решения этих задач. Основным оценочным показателем эффективности проводимых (или планируемых) мероприятий по совершенствованию измерений, контроля, испытаний, и в целом метрологического обеспечения (МО) производства, является показатель экономического эффекта, в котором находят отражение частные показатели эффективности использования и обслуживания средств измерений, контроля и испытаний.

При оценке экономического эффекта от каждого из мероприятий по совершенствованию измерений, контроля, испытаний и метрологического обеспечения производства (совершенствования контрольно-измерительных операций, процедур и организации метрологического обслуживания средств измерений) определяются в денежном выражении затраты и результаты деятельности, которые обусловлены каждым из предполагаемых вариантов осуществления оцениваемого мероприятия. Лучшим признается вариант, у которого экономический эффект максимален, либо – при условии тождества полезных результатов – затраты на реализацию варианта минимальны.

После завершения работ по проведению анализа состояния измерений на предприятии составляют справку с оценкой достигнутого уровня метрологического обеспечения, перечнем примеров, когда решение конкретных вопросов метрологического обеспечения позволило улучшить качество продукции, условия труда, повысить его эффективность и производительность.

2.2.4 Особенности анализа состояний измерений в НИИ и проектно-конструкторских организациях

Анализ состояния измерений, контроля, испытаний в **научно-исследовательских учреждениях** (организациях) проводится с целью установления соответствия состояния метрологического обеспечения организации требованиям, возникающим при проведении научных экспериментов, обеспечения правильности результатов экспериментальных исследований, исключения необходимости (или сокращения объема) повторных экспериментов.

На основе анализа разрабатываются предложения по совершенствованию метрологического обеспечения НИР в организации (при необходимости и других организаций, участвующих в объединенном эксперименте); устанавливаются необходимые требования к метрологическому обеспечению в технических заданиях на проведение НИР и в методиках проведения научных экспериментов.

**Требования к метрологическому обеспечению** научных исследований и экспериментов должны предусматривать:

- установление метрологических требований, правил и норм в методиках проведения экспериментальных исследований;
- обеспечение экспериментальных исследований необходимыми методами и средствами измерений, контроля, испытаний, средствами и методами их калибровки.

Устанавливаемые в нормативно-технической, проектно-конструкторской и технологической документации требования к метрологическому обеспечению должны быть такими, чтобы при разработке новых (и модернизируемых) изделий (процессов):

- содержать необходимые метрологические требования (к точности и достоверности) к методам и средствам измерений, контроля и испытаний как для разработанной новой продукции, так и для продукции, поставляемой предприятиями-смежниками;
- обеспечивать при разработке и приемке новых изделий применение методов и средств измерений, контроля и испытаний с требуемыми метрологическими характеристиками;
- обеспечивать, при необходимости, разработки новых изделий необходимыми специальными средствами измерений, дополнительно разработанными;
- обеспечивать безопасность продукции (процесса) и нулевой (или минимально допустимый) уровень дефектности изделий и готовой продукции;
- обеспечивать возможность выполнения калибровок и ремонта применяемых средств измерений, контроля и испытаний;
- обеспечивать возможность подготовки организаций или отдельных лабораторий к аккредитации и при необходимости проведения сертификационных испытаний продукции.

**Объектами анализа** состояния измерений, контроля, испытаний **в научно-исследовательских учреждениях** (организациях) являются:

- планы проведения научных исследований и экспериментов; технические задания на проведение НИР, исследований;
- методики экспериментов;
- методики выполнения измерений, контроля, испытаний, применяемые при экспериментальных исследованиях;
- методики обработки результатов измерений, контроля, испытаний экспериментов;
- данные о характеристиках процессов, полей, а также используемых веществ и материалов, явлений;
- методы и средства измерений, применяемые для контроля параметров разрабатываемых технологических процессов и продукции, а также контроля факторов безопасности экспериментов и испытаний;
- общее состояние средств измерений, контроля и испытаний в организации, состояние помещений и степень их соответствия метрологическим нормам и требованиям, а также состояние методик выполнения измерений, контроля, испытаний;
- эффективность использования имеющихся средств измерений, контроля, испытаний;
- обеспеченность применяемых средств измерений поверкой (калибровкой); укомплектованность квалифицированными кадрами для проведения измерений, контроля и испытаний в процессе экспериментов;

- состояние и организация деятельности метрологической службы в части метрологического обеспечения научно-исследовательских работ.

**При анализе устанавливают:**

- внедрение положений и требований ТНПА и НТД;
- влияние состояния метрологического обеспечения на качество и сроки выполнения научно-исследовательских и конструкторских работ;
- обеспеченность этих работ средствами и методиками измерений, испытаний, контроля;
- состояние метрологического обслуживания средств измерений (наличие образцовых средств измерений и поверочного оборудования, специальных помещений, необходимых для проведения поверок и ремонта средств измерений, наличие НТД);
- трудоемкость выполнения процессов измерений, испытаний, контроля (выявляются процессы, требующие снижения трудоемкости путем разработки новых методов и средств измерений, испытаний и контроля, автоматизации измерительных процессов, применения ЭВМ и т.д.);
- коэффициент использования средств измерений (определяют по отношению фактического времени использования средств измерений ко времени нахождения этого средства в подразделении за определенный календарный период);
- номенклатуру средств измерений с низким коэффициентом использования.

При анализе деятельности метрологической службы особое внимание уделяют таким направлениям ее деятельности, как разработка стандартов на методики выполнения измерений, проведение аттестации методик, метрологическая экспертиза используемой в организации нормативно-технической документации.

Анализ состояния измерений, контроля и испытаний **в проектно-конструкторских организациях** проводится с целью установления соответствия состояния метрологического обеспечения организации требованиям, которые возникают при разработке и освоении новых изделий и (или) технологических процессов (при необходимости совместно с предприятиями, где намечается производство новых изделий и (или) освоение этих технологий).

На основе анализа разрабатываются предложения по совершенствованию метрологического обеспечения разработок (при необходимости и предприятия – будущего изготовителя); устанавливаются необходимые требования к метрологическому обеспечению в нормативно-технической, проектно-конструкторской и технологической документации на разрабатываемые изделия (процессы).

**Объектами анализа** состояния измерений, контроля и испытаний в проектно-конструкторских организациях являются:

- планы разработки новых изделий (процессов);
- технические задания на разрабатываемые новые изделия (процессы);

- данные об условиях эксплуатации, требованиях безопасности и защиты окружающей среды для намечаемых к разработке изделий (процессов);
- методики выполнения измерений, контроля, испытаний, которые реализуются в процессе разработки новых изделий (процессов) при проведении исследовательских, доводочных, предварительных и приемочных испытаний, а также для испытаний макетов и моделей;
- общее состояние средств измерений, контроля, испытаний в организации и степень их соответствия требованиям ТЗ и ТНПА, обеспеченность их поверкой и калибровкой, номенклатура недостающих средств измерений, контроля, испытаний, эффективность использования имеющихся средств измерений, контроля и испытаний;
- укомплектованность квалифицированными кадрами для проведения измерений, контроля, испытаний в процессе разработки изделий (процессов);
- состояние и организация деятельности метрологической службы в части метрологического обеспечения проектно-конструкторских работ;
- возможности создания на базе организации центра коллективного пользования уникальными и остродефицитными средствами измерений, контроля, испытаний.

Анализ состояния измерений, контроля и испытаний в проектно-конструкторской организации рекомендуется проводить под руководством метрологической службы этой организации с участием разработчиков, работников контрольно-испытательных подразделений и, желательно, с участием представителей метрологических служб и других подразделений тех предприятий, где планируется освоение производства разрабатываемых изделий, а также с участием представителей других проектно-конструкторских организаций, участвующих в разработках.

### 2.3 Установление рациональной номенклатуры контролируемых (измеряемых) параметров и соответствующих средств измерений

В соответствии с требованиями ТНПА одной из основных задач метрологического обеспечения подготовки производства является установление рациональной номенклатуры измеряемых параметров и требуемой точности их измерения.

Номенклатура показателей качества процессов должна, во-первых, соответствовать нормативным документам, регламентам, требованиям контракта и т.п. Во-вторых, номенклатура показателей качества процессов должна быть необходимой и достаточной для последующего анализа и обобщения данных с целью принятия тактических и стратегических решений по корректированию, предупреждению, улучшению производственных процессов. Это очень важный момент: при оптимизации процедур контроля и испытаний параметров процессов можно значительно повысить эффективность работы организации.

Под контролем понимают измерение, в процессе которого определяют, находится ли значение измеряемой величины в заранее установленных для нее пределах. По сути дела операция контроля – это простейшее управленческое

решение типа «годен» – «не годен». Неслучайно в некоторых языках термин «контроль» control (англ.) означает управлять.

Номенклатура измеряемых параметров и норм точности измерений определяет два наиболее важных показателя: достоверность контроля и его трудоемкость. Нередко разработчики и технологи пытаются идти по пути максимального контроля режимов технологического процесса, оборудования и инструмента, не принимая во внимание трудоемкость измерительных процессов, а этот фактор достаточно существен. В среднем трудоемкость контрольно-измерительных операций составляет около 10 % общей трудоемкости изготовления изделий, а в радиоэлектронной отрасли – значительно выше.

При проведении метрологической экспертизы необходимо тщательно проанализировать номенклатуру измеряемых параметров, установить возможные корреляционные связи между ними, а также определить параметры, которые можно не измерять (ограничиться их индикацией, либо вообще не контролировать).

Недостатком многих проверяемых документов является отсутствие установленных норм точности как для параметров, которые контролируют на выходе изделия из производства, так и для параметров технологических процессов (температуры, времени и скорости протекания процесса, массы испытываемых образцов и т.д.). Обоснованность установленных норм точности необходимо выяснить в первую очередь тогда, когда контроль затруднителен или требует применения сложных дорогостоящих средств измерений и операторов высокой квалификации.

Процесс установления номенклатуры контролируемых параметров имеет, как правило, три основных подпроцесса:

- выявление по ТУ номенклатуры контролируемых параметров комплектующих, например, изделий электронной техники (ИЭТ) на этапе входного контроля;
- определение номенклатуры контролируемых параметров узлов, блоков и других сборочных единиц на этапе операционного контроля;
- установление в ТНПА на продукцию (при необходимости и в технологических документах) номенклатуры нормируемых метрологических характеристик выпускаемой продукции для операций выходного контроля, включая первичную поверку.

Каждый из названных подпроцессов развивается по своим правилам.

При проведении выходного контроля параметры продукции уже известны (они заложены в требованиях к выпускаемой продукции). Контролировать должны все установленные требования по установленным методикам. Требования по обеспечению качества продукции при выходном контроле и испытаниях регламентированы международными стандартами (МС) ИСО 9001 (п. 4.10.4 «Окончательный контроль и испытания»). В соответствии с этими требованиями все предусмотренные виды контроля и испытаний при приемке продукции или в процессе производства должны быть выполнены, а результаты должны удовлетворять всем установленным требованиям ТНПА.

В службу внешней приемки (входного контроля) поступает три основных материальных потока, поглощаемых производством: материалы (сырье), ИЭТ и прочие комплектующие. Вся эта продукция регламентирована соответствующими стандартами или ТУ, в которых оговорены основные технические характеристики, а также методы и рекомендуемые средства измерений физических величин. Они необходимы для контроля характеристик в соответствии с установленными в НТД решающими правилами. Так, для ИЭТ в целях обеспечения единства испытаний (приемо-сдаточных на заводе-изготовителе и входного контроля у потребителя) в стандартах или ТУ устанавливаются однозначные процедуры электротермотренировок и контроля параметров как дискретных полупроводниковых приборов, так и микросхем. При этом для обеспечения признания изготовителем рекламаций необходимо иметь рекомендуемое контрольное оборудование, в противном случае нестандартизованные средства измерений и контроля ИЭТ должны проходить специальную аттестацию. Достаточно жестко определена также номенклатура контролируемых параметров и способы проведения операций измерительного контроля для материалов (сырья) и покупных изделий.

Современное предприятие, как правило, не в состоянии и, по-видимому, не должно подвергать сплошному входному контролю все материалы и комплектующие, которые поступают в службу внешней приемки в полном объеме. Это связано с разнообразными технико-экономическими причинами и ограничениями. В отличие от окончательного контроля и испытаний требование п. 4.10.2 «Входной контроль и испытания» МС ИСО 9001 является не таким жестким и предписывает, что при определении объема и характера входного контроля следует учитывать меры по управлению качеством продукции и процессов субподрядчика и зарегистрированные доказательства обеспечения качества его поставок. Например, при работе с субподрядчиком, сертифицированным в системе QS 9000, которая жестко регламентирует процедуру выходного контроля у субподрядчика, может быть принято решение о применении облегченного плана контроля или об упразднении регулярного входного контроля вообще.

При операционном контроле выбор номенклатуры контролируемых параметров должен быть таким, чтобы измерения при контроле деталей, узлов, субблоков и блоков изготавливаемой продукции несли информацию не только о сборке и качестве продукции, но и о качестве той или иной технологической операции. Эта информация является сигналом обратной связи для подналадки оборудования или корректировки качества работы конкретного исполнителя.

Многие контрольные операции, при которых определяется качество функционирования оборудования и работы исполнителей, поручаются ОТК. Естественным ограничением является численность штатов ОТК. Перед руководством предприятий встает вопрос – либо увеличивать численность контролеров, либо сокращать объемы контроля.

Таковы критерии и ограничения при выборе номенклатуры контролируемых параметров на этапе операционного контроля. Как же происходит выбор?



Современная технология крупносерийного производства имеет самые различные варианты установления объемов контроля. Так, некоторые фирмы Швейцарии, выпускающие приборы времени, например, механические часы, вводят операцию контроля практически после каждой технологической операции. Вместе с тем, есть современные технологические процессы, где применяется единственная контрольная операция – выходной контроль, например, при изготовлении зажигалок. Все остальные операции обеспечивают такой малый разброс параметров, что контроль с последующей разбраковкой не нужен. Между этими двумя полярными решениями существует целый спектр возможностей [4].

Таким образом, рассмотренные различные задачи определения контролируемых параметров на входном и операционном контроле характеризуются:

- избыточностью исходной номенклатуры контролируемых параметров, устанавливаемой в соответствии с действующими ТНПА;
- важностью и существенностью технико-экономических ограничений, не позволяющих реализовать контроль в полном объеме;
- наличием не менее двух критериев выбора номенклатуры контролируемых параметров: обеспечение «собираемости» и обеспечение качества приборов, причем критерий качества можно рассматривать как доминирующий, а критерий «собираемости» – как необходимое условие обеспечения технологического процесса;
- многошаговым, итерационным процессом поиска оптимального состава контролируемых параметров с обратной связью.

Все это свидетельствует о том, что эти задачи решаются как **оптимизационные** в изменяющихся условиях. Их решение должно обеспечивать устойчивое функционирование производства, несмотря на изменения в качестве комплектующих изделий, сырья, технологии изготовления, правилах приемки и т.д.

На этапах входного и выходного контроля нормы точности на контролируемые параметры устанавливаются формально на основании имеющейся ТНПА на комплектующие, сырье, материалы, а также на саму выпускаемую продукцию. При операционном контроле нормы точности устанавливаются из условий собираемости изделия и замыкания соответствующих размерных цепей. Практика показывает тенденцию ужесточения допусков в сравнении с требуемыми нормами точности зачастую в 1,5–2 раза (запасы по точностям). Таким путем разработчики, конструкторы, технологи реагируют на нестабильность производственного процесса, разброс параметров изготавливаемых деталей, узлов и блоков. В связи с этим появляется избыточность по точности, что нередко может привести к значительным расходам без видимого эффекта для собираемости и качества выпускаемой продукции. Как и при выборе номенклатуры контролируемых параметров, установление рациональных норм точности также не является разовой акцией. Это итерационный процесс с обратной связью, которая, к сожалению, также протекает скрыто, а потому не всегда эффективна с точки зрения быстроты, гибкости реакции на изменения в производстве.

Если для входного и выходного видов контроля все процедуры в достаточной степени определены, то при контроле качества в процессе производства (на уровне промежуточных процессов или операционного контроля) зачастую имеет место практически полная неопределенность: какие параметры надо контролировать, в каких пределах должно находиться числовое значение параметра, что делать с полученными данными, как их анализировать и какие выводы должны быть сделаны по результатам анализа.

Принципиальное различие указанных видов контроля заключается также и в том, что входной и выходной контроль **только оценивают** качество продукции на соответствующих этапах ее жизненного цикла, тогда как с помощью промежуточного (операционного) контроля в процессе производства появляется возможность **управлять** качеством процессов и продукции.

В основе всех указанных проблем контроля и методов их решения лежат экспериментальные методы получения (сбора, регистрации и систематизации) исходного материала – массива данных. Экспериментальные методы для очерченного круга задач являются, пожалуй, единственным средством их успешного решения и широко используются как в классических научных исследованиях, так и в прикладных задачах менеджмента качества процессов.

Примерный **алгоритм нахождения рациональной номенклатуры контролируемых параметров** и определения норм точности можно представить в виде последовательности пяти этапов. На первом – выявляются параметры процесса, существенно влияющие на качество. На втором этапе определяют технологические приемы для уменьшения числа влияющих факторов. На третьем – ранжируют эти факторы и выделяют самые «сильные». Для них на четвертом этапе определяют допустимые пределы измерения (нормы). И, наконец, на пятом этапе разрабатывают методики выполнения измерений этих факторов.

Эффективность предлагаемого алгоритма во многом определяется тем, какие методы, техника и приемы используются на каждом этапе.

## 2.4 Метрологическая экспертиза технической документации

### 2.4.1 Цели и задачи метрологической экспертизы ТД

Жизненный цикл любого изделия (продукции) включает в себя стадии исследования и проектирования, изготовления, обращения и эксплуатации.

**Стадия исследования, проектирования** – это научно-исследовательская работа, разработка технического задания и опытно-конструкторская проработка. На этом этапе формируются требования к назначению, техническому уровню и качеству продукции, исследуются принципы ее создания, разрабатываются конструкция, методы и средства оценки точностных характеристик изделий при выпуске из производства и в эксплуатации. **Стадия изготовления** включает в себя постановку на производство, изготовление, монтаж на месте эксплуатации и снятие с производства. **Стадия обращения** – это отгрузка (поставка), транспортирование, хранение. **Стадия эксплуатации** изделий – это ввод в эксплуатацию, техническое обслуживание, поверка, ремонт и снятие с эксплуатации.

Цикл разработки, изготовления и испытаний продукции зависит от типа производства: серийного, массового, единичного (единично повторяющегося)

или разового изготовления). При этом под продукцией **серийного производства** понимается продукция, изготавливаемая периодически повторяющимися большими партиями. Продукция **массового производства** – это продукция, непрерывно изготавливаемая, в течение продолжительного времени при большом объеме выпуска. К **единичному производству** относится, продукция, выпускаемая одновременно или периодически отдельными единицами. Продукция **повторяющегося единичного производства** – это продукция единичного производства, периодически изготавливаемая отдельными единицами, при условии, что интервал времени между выпуском предыдущей и последующей единицами продукции превышает ее производственный цикл. Продукция **разового изготовления** – это продукция единичного производства или партия продукции, изготовленная одновременно и не предусмотренная к повторному выпуску.

В зависимости от типа производства жизненный цикл изделия имеет свои особенности. Например, для изделий единичного повторяющегося производства после разработки технического задания следуют: разработка технической документации; изготовление опытных образцов и приемо-сдаточные испытания; предварительные испытания; корректировка конструкторской документации; ведомственные (межведомственные) приемочные испытания; подготовка производства; единичное повторяющееся производство с приемо-сдаточными испытаниями; периодические контрольные испытания; испытания на надежность; техническое обслуживание в эксплуатации.

Как уже говорилось, очень важным и значительным этапом процесса разработки нового изделия является МО подготовки производства, которое представляет собой комплекс организационно-технических мероприятий, обеспечивающих определение с требуемой точностью характеристик изделия, а также технологических процессов и оборудования, которые необходимы при его производстве. Эти мероприятия осуществляются в соответствии с правилами и положениями государственных и отраслевых стандартов, стандартов предприятия, организационно-методической и инструктивно-производственной документацией, которые устанавливают специфические для отрасли и предприятия правила МО подготовки производства.

Работы по МО подготовки производства выполняются конструкторскими, технологическими и метрологическими службами предприятий и организаций.

Разработанная в процессе подготовки производства нормативно-техническая, конструкторская и технологическая документация, в которой регламентируются нормы точности, методы, средства, условия и процедуры подготовки и проведения измерений, обработки и представления результатов измерений, а также показатели точности измерений, должна быть подвергнута метрологической экспертизе.

К **конструкторской документации** относятся графические и текстовые документы, которые в отдельности или в совокупности определяют состав и устройство изделия и содержат необходимые данные для его разработки или изготовления, контроля, эксплуатации и ремонта.

**Технологические документы** – документы, во-первых, содержащие сводную информацию, необходимую для решения одной или комплекса инженерно-технических, планово-экономических и организационных задач, во-вторых, документы, полностью и однозначно определяющие технологический процесс (операцию) изготовления или ремонта изделия (составных частей).

Своевременно проведенная метрологическая экспертиза позволяет исключить возможность ошибок в процессе подготовки производства, сократить сроки подготовки документации к производству, гарантировать выпуск качественной продукции, повысить эффективность измерений, их точность и достоверность, способствует применению унифицированных и автоматизированных средств измерений и дает значительный экономический эффект.

Метрологическая экспертиза не сводится к пассивной проверке документации, она предполагает комплексный подход к решению задач метрологического обеспечения разработки, производства и эксплуатации продукции. По результатам экспертизы в чертежи изделий и в технологические процессы вносят изменения, ужесточают допуски на изготовление, разрабатывают и изготавливают специальные средства контроля, проектируют и изготавливают измерительную оснастку.

**Метрологическая экспертиза (МЭ) технической документации** – анализ и оценка технических решений по выбору параметров, подлежащих измерению, оценка правильности установления норм точности и выбора средств и методов измерений, применяемых при разработке, производстве, эксплуатации и ремонте изделий.

МЭ технической документации проводят с **целью** – повышения технического уровня и эффективности измерений при разработке, изготовлении и контроле качества изделий.

Предметом анализа и экспертной оценки является документация на выпускаемое изделие и/или технологические процессы его производства, содержащая информацию о метрологическом обеспечении, и материалы, подтверждающие принятые технические решения.

МЭ подлежит следующая **техническая документация (ТД)**: технические задания на НИР и ОКР; конструкторские документы – технические условия, программы и методики испытаний, технические описания, инструкции (руководства) по эксплуатации; технологические документы – карты технологического процесса, карты типовой (групповой) операции, операционные карты, технологические инструкции; извещения об изменении документов, ранее прошедших МЭ. Метрологические экспертизы могут быть дополнительно подвергнуты и другие документы, например, маршрутные карты, сборочные чертежи, чертежи деталей, руководства по ремонту, методики выполнения измерений, научно-технические отчеты, извещения об изменениях документов, в которых установлены нормы точности или содержатся сведения о методах и средствах измерений, карты технического уровня и качества продукции и т.д. Состав дополнительных документов, подлежащих МЭ, определяет метрологи-

ческая служба предприятия по согласованию с заинтересованными сторонами (разработчиками, представителями заказчика).

Понятие «анализ и оценка» в приложении к метрологической экспертизе технической документации имеет весьма широкий смысл, определяемый в каждом конкретном случае степенью обоснованности или полнотой отражения конструкторами и технологами в разрабатываемой ими документации вопросов метрологического обеспечения продукции на всех стадиях ее создания и в условиях эксплуатации (потребления). Если по **форме** метрологическую экспертизу можно представить как **контрольный процесс**, то по **содержанию** – это **совокупность взаимосвязанных организационных, методических и научно-технических мероприятий**, выполняемых специалистами почти всех категорий.

Метрологическая экспертиза успешно решает свои задачи при условии ее проведения на самых ранних стадиях разработки документов, начиная с заявок и технического задания на создание продукции. Только такой подход определяет максимальный экономический эффект от экспертизы. Ее проведение на последующих стадиях разработки объективно ведет к материальным потерям не только за счет снижения объема или точности информации, но и за счет потери материальных средств и времени, необходимых для устранения обнаруженных недостатков в области метрологического обеспечения.

Своевременно проведенное исследование, анализ и оценка применяемых технических решений в области метрологического обеспечения разрабатываемой продукции дают возможность принять оптимальный вариант, вовремя оформить заказы на разработку необходимых методов, методик и изготовление средств измерений.

Метрологическую экспертизу можно не проводить, если в процессе разработки технической документации (проводимой конструкторами, технологами, заказчиком и т.п.) осуществлялась метрологическая проработка.

**Метрологическая проработка** технических документов – это решение задач метрологического обеспечения изделия или технологического процесса на всех этапах проектирования (разработки) и реализация принятых решений в документации, осуществляемая разработчиками документации под методическим руководством и при непосредственном участии метрологической службы предприятия.

Метрологической проработке подвергается вся техническая документация, содержащая информацию о метрологическом обеспечении и разрабатываемая непосредственно предприятием. Документация, прошедшая метрологическую проработку и согласованная метрологической службой, визируется специалистом-метрологом.

К числу **основных задач МЭ** технической документации относятся:

- определение оптимальности номенклатуры измеряемых параметров при контроле с целью обеспечения эффективности и достоверности контроля качества и взаимозаменяемости;

- оценка обеспечения конструкцией изделия возможности контроля необходимых параметров в процессе изготовления, испытания, эксплуатации и ремонта изделий (контролепригодности конструкции);
- установление соответствия показателей точности измерений требованиям эффективности и достоверности контроля и взаимозаменяемости;
- установление точности и правильности требований к средствам измерений (в том числе нестандартизованным) и методикам выполнения измерений;
- оценка правильности выбора средств измерений (в том числе нестандартизованных) и методик выполнения измерений;
- выявление возможности преимущественного применения унифицированных, автоматизированных средств измерений, обеспечивающих получение заданной точности измерений и необходимой производительности;
- оценка обеспечения применяемыми средствами измерений минимальных по трудоемкости и себестоимости контрольных операций при заданной точности;
- установление преимущественного применения стандартизованных методик выполнения измерений;
- оценка соответствия производительности средств измерений производительности технологического оборудования;
- определение целесообразности обработки на ЭВМ результатов измерений, наличия стандартных и/или специальных программ обработки и соответствия их требованиям, предъявляемым к обработке результатов измерений (округление, разрядность и т.п.), а также к формам представления результатов измерений, контроля, испытаний;
- установление правильности наименований и обозначений физических величин и их единиц;
- установление правильности указаний по организации и проведению измерений для обеспечения безопасности труда.

Перечисленные задачи МЭ могут быть конкретизированы в нормативных документах и стандартах предприятия с учетом специфики разрабатываемой документации и изготавливаемой продукции.

#### 2.4.2 Содержание МЭ для разных видов ТД

Разные виды технической документации (ТД) требуют разной по объему и содержанию метрологической экспертизы. Примерное содержание МЭ для разных видов ТД можно обобщить в виде, приведенном в таблице 2.1 [5, 7].

Во всех проверяемых документах устанавливается правильность формы записи измеряемых параметров. Каждый нормируемый параметр может быть задан либо номинальным значением с допускаемыми отклонениями, либо предельными значениями, либо максимальным или минимальным значением. Предпочтительной формой записи является первая. В двух других случаях эксперт должен требовать указания допускаемой погрешности измерений. При этом если ограничено максимальное значение, то измеряемая величина не должна превышать заданное значение за вычетом погрешности измерений; если же ограничено минимальное значение, то измеряемая величина не должна быть

менее суммы заданного значения величины и погрешности измерений. Пределы самих допускаемых погрешностей должны быть выражены либо в абсолютных значениях (в единицах измеряемой величины), либо в процентах или относительных значениях. В настоящее время этот вопрос не регламентирован государственными стандартами и норму записи измеряемых параметров целесообразно указать в стандарте предприятия.

Таблица 2.1 – Содержание МЭ для разных видов ТД

Вид документа	Подлежит анализу и оценке
Техническое задание (кроме ТЗ на разработку средств измерений)	Обоснованность и полнота требований к метрологическому обеспечению разработки, производства и эксплуатации изделий; обеспеченность разработки и производства изделий методиками и средствами измерений (контроля); необходимость (технико-экономическая целесообразность) разработки новых методов и средств измерений (контроля); правильность применения, наименования и обозначения физических величин и их единиц; соблюдение установленных стандартами терминов в области метрологии
Техническое задание на разработку средств измерений отраслевого применения	Обоснованность состава, правильность способов нормирования и форм представления метрологических характеристик средств измерений; соответствие значений метрологических характеристик средств измерений и методов измерений назначению средств измерений; обоснованность и полнота требований к метрологическому обеспечению разработки средств измерений; обеспеченность разработки и производства средств измерений методами и средствами поверки; необходимость разработки методов и средств поверки; правильность применения, наименования и обозначения физических величин и их единиц; соблюдение установленных стандартами терминов в области метрологии
Карта технологического процесса, карта типового (группового) технологического процесса. Операционная карта, карта типовой (групповой) операции. Технологическая инструкция	Обоснованность установленных методов контроля, полнота и правильность описания операций контроля; правильность выбора и применения средств измерений (контроля), возможность использования преимущественно средств измерений общего применения; наличие и правильность установления периодичности контроля характеристик средств измерений (контроля); правильность применения, наименования и обозначения физических величин и их единиц; соблюдение установленных стандартами терминов в области метрологии
Технические условия. Программа и методика испытаний	Обоснованность установленных методов измерения, возможность преимущественного применения стандартизованных методов измерения; полнота и правильность изложения методов измерения, соответствие содержания требованиям действующих НДС; правильность выбора и применения средств измерений, возможность использования преимущественно средств измерений общего применения; обоснованность состава, правильность способов нормирования и форм представления метрологических характеристик назначению

	средств измерений; правильность применения, наименования и обозначения физических величин и их единиц; соблюдение установленных стандартами терминов в области метрологии
Извещение об изменении	Содержание МЭ определяют по виду и содержанию документа, в который вносят изменения

Библиотека БГУИР



## ОКОНЧАНИЕ ТАБЛИЦЫ 2.1

Вид документа	Подлежит анализу и оценке
Техническое описание. Инструкция (руководство по эксплуатации)	Соответствие применяемых средств измерений, указанным в принципиальной схеме и сборочном чертеже; правильность методов настройки и регулирования средств измерений (контроля); правильность указаний по контролю; оптимальность перечня характеристик средств измерений (контроля), подлежащих первичной и периодической поверке; полнота содержания и правильность изложения инструкции по поверке средств измерений (контроля), если она является разделом инструкции по эксплуатации; правильность применения, наименования и обозначения физических величин и их единиц; соблюдение установленных стандартами терминов в области метрологии

Не менее важной задачей метрологической экспертизы является установление полноты и правильности требований к средствам измерений (в том числе к нестандартизованным) и к методикам выполнения измерений. Средства измерений и методики выполнения измерений необходимо назначать с учетом погрешностей измерений.

Эксперт должен убедиться в том, что требования к методикам выполнения измерений в проверяемой документации сформулированы правильно. При этом предпочтение должно быть отдано стандартизованным или аттестованным МВИ. При проведении метрологической экспертизы может быть указано на необходимость аттестации МВИ [18].

При экспертизе большинства технологических и ряда конструкторских документов очень важным является установление, правильно ли выбраны средства измерений по точности, обеспечивают ли они необходимую производительность контрольно-измерительных операций. Серийные средства измерений должны пройти государственные испытания, быть внесены в Госреестр и выпускаться промышленностью. Эксперту необходимо проверить это, используя информацию Госреестра и каталоги заводов-изготовителей.

Выбранные средства измерений должны иметься на предприятии (или предусмотрено их приобретение) и они должны быть обеспечены ведомственной или государственной поверкой.

При оценке нестандартизованных средств измерений устанавливают, нет ли возможности их замены серийно выпускаемыми средствами измерений.

Проверяют **правильность ссылок** на стандартизованные или аттестованные МВИ, необходимость включения дополнительных указаний (количество измеряемых образцов, температуру, время выдержки и т.д.). Это же относится к государственным стандартам и другим НТД, регламентирующим требования к методам испытаний, поверки и др.

Эксперт должен проверить также **правильность обозначения** средств измерений. Для серийно выпускаемых должен быть указан номер государственного стандарта и обозначение средства измерений по стандарту. Номера стан-

дартов, на которые ссылаются при выборе средств измерений, необходимо проверить.

Важной задачей экспертизы является оценка того, позволяет ли конструкция изделия контролировать необходимые параметры в процессе изготовления, испытания, эксплуатации и ремонта изделий. Это основная задача метрологической экспертизы чертежей. При ее решении эксперт должен не только определить контроленепригодные размеры (например, труднодоступные внутренние диаметры, канавки, уступы), но и размеры, измерение которых требует применения нестандартизованных средств измерений. В некоторых случаях незначительное изменение конструкции может позволить применить для контроля серийно выпускаемое средство измерений.

При большом объеме измерительной информации эксперт должен определить **целесообразность обработки на ЭВМ результатов измерений**. В этом случае проверяют наличие стандартных или специальных программ обработки и соответствие их требованиям, предъявляемым к обработке результатов измерений, а также к формам представления результатов измерений.

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.

В связи с переходом на Международную систему единиц (SI) важной задачей эксперта является установление **правильности наименований и обозначений** физических величин и их единиц. Эксперт должен тщательно проверить правильность метрологической терминологии. Часто встречается неправильное употребление терминов «точность» вместо «погрешность», «ошибка измерения» вместо «погрешность измерения», «эталон» вместо «образец», очень распространено применение нерекондуемого термина «замер».

**Правильное использование терминологии** – залог предотвращения типичных ошибок и неоднозначности в содержании технической документации. Применяемые в технической документации метрологические термины должны соответствовать рекомендациям РМГ 29-99 «Метрология. Термины и определения» [16]. Разъяснения метрологических терминов приведено в Словаре-справочнике «Основные термины в области метрологии» [17].

Задачей метрологической экспертизы является также проверка правильности указаний по проведению измерений для обеспечения безопасности труда.

Метрологическую экспертизу технических заданий (ТЗ) на разработку средств измерений, предназначенных для массового производства, осуществляют, как правило, головные организации метрологической службы министерства (ведомства) по специализации. Ее проводят для оценки потребности в разрабатываемых средствах измерений, соответствия нормированных метрологических характеристик функциональному назначению и установленным требо-

ваниям, а также для проверки МО разработки, производства и эксплуатации средств измерений. В частности, при метрологической экспертизе ТЗ проводят оценку: необходимости разработки средств измерений с метрологическими характеристиками, приведенными в ТЗ; соответствия метрологических характеристик и способов их нормирования требованиям НТД; обеспеченности методами и средствами поверки средств измерений при их разработке, производстве и в эксплуатации; правильности использования единиц физических величин, допущенных к применению в нашей стране, и применения терминов и определений, установленных стандартами.

Во всех других случаях, особенно если это касается средств измерений ограниченного применения, метрологическая экспертиза ТЗ на разработку средств измерений в первую очередь должна включать оценку целесообразности и обоснованности разработки. Эксперт должен оценить возможность поверки (калибровки) разрабатываемого СИ имеющимися методами и средствами. При их отсутствии в ТЗ должны быть указания о разработке соответствующих методов и средств поверки (калибровки) для разрабатываемых средств измерений.

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.

**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, информационно-измерительных систем (ИИС) и автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП), 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 многократных измерений и связей между измеряемыми параметрами.

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

**В эксплуатационных и ремонтных 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.

При метрологической экспертизе **программ и методик испытаний** 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 измерения должны соответствовать этим условиям (в первую очередь по точности измерений).

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.

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 измерения. В ряде случаев указываются 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).

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.

При метрологической экспертизе проектной документации АСУ ТП необходимо обратить внимание на наличие и оптимальность требований к погрешности измерений 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 АСУ ТП.

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

Погрешность измерений, как правило, является источником неблагоприятных последствий (экономические потери, повышение вероятности травматизма, загрязнение 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 [5]:

$$\delta_{opt} = 0,8\delta_i (Z_i / \Pi_i)^{1/3}, \quad (2.1)$$

где  $\delta_{opt}$  – граница оптимальной относительной погрешности измерений;  
 $\delta_i$  – граница относительной погрешности измерений, для которой известны потери  $\Pi_i$  и затраты на измерения  $Z_i$ .

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

$$0,5\delta_{opt}^* < \delta < (1,5 \div 2,5)\delta_{opt}^*, \quad (2.2)$$

где  $\delta_{opt}^*$  – приближенное значение границы оптимальной относительной погрешности измерений, вычисленное по приближенным значениям  $\Pi_i$  и  $Z_i$  из (2.1).

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.

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» [13].

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 [5].

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.

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.

Если погрешность измерений в документации (в отчете, материалах 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» [14]. 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» [15].

Эти же ТНПА 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 [20]:

- метрологические характеристики средств измерений;
- условия измерений (внешние влияющие величины);
- процедуры подготовки и выполнения измерительных операций, алгоритмы обработки результатов наблюдений;
- свойства объекта измерений (адекватность измеряемой величины определяемой характеристике объекта, обмен энергией между объектом и средством измерений и т.п.).

#### 2.4.3 Организация и порядок проведения МЭ, оформление результатов

При организации метрологической экспертизы технической документации (ТД) на предприятии осуществляются следующие мероприятия:

- определяют подразделения, силами специалистов которого должна проводиться метрологическая экспертиза;
- разрабатывают нормативный документ, устанавливающий конкретный порядок проведения метрологической экспертизы на предприятии;
- планируют сроки и очередность проведения метрологической экспертизы;
- назначают экспертов;
- осуществляют подготовку и повышение квалификации экспертов;

- формируют комплекс нормативных и методических документов, справочных материалов, необходимых при проведении метрологической экспертизы.

Метрологическая экспертиза ТД может проводиться:

- 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.

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

- номенклатуру продукции (виды объектов), для которой должна проводиться метрологическая экспертиза документации;
- конкретные виды технической документации и этапы ее разработки, на которых документация должна подвергаться метрологической экспертизе;
- 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.

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.

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.

Важным организационным вопросом в проведении метрологической экспертизы является планирование этой работы. На практике используют две целесообразные формы планирования метрологической экспертизы:

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

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

В плане целесообразно указывать:

- обозначение и наименование документа (комплекта документации), 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.

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

Приступая к проведению метрологической экспертизы, прежде всего, необходимо установить номенклатуру изделий, при разработке которых будет проводиться метрологическая экспертиза. Эти изделия должны быть определены предприятиями и организациями в соответствующих приказах, годовых и пятилетних планах. При этом надо учитывать, что в конструкторской и технологической документации ряда изделий используются однотипные технические решения, связанные с метрологическим обеспечением (методы и средства измерений, нормы точности измерений и т.д.), поэтому метрологическая экспертиза документации на все разрабатываемые изделия должна проводиться неформально. При установлении номенклатуры документов, которые целесообразно в первую очередь подвергнуть экспертизе, следует учитывать результаты анализа состояния измерений на предприятии, данные государственного надзора и ведомственного контроля за метрологическим обеспечением производства, результаты анализа причин брака в производстве.

В первую очередь следует проводить экспертизу документации на вновь изготавливаемые изделия (в таком случае это один из этапов метрологического обеспечения подготовки производства), на экспортную продукцию, на продукцию, представляемую на сертификацию качества, и на изделия, имеющие значительное количество рекламаций.

При разработке отраслевых документов, регламентирующих организацию и порядок проведения метрологической экспертизы, следует учитывать, что предприятия имеют право проводить метрологическую экспертизу конструкторской и технологической документации, поступившей от других организаций и предприятий.

Оптимальным является проведение метрологической экспертизы на ранних стадиях разработки документации, когда принимаются принципиальные



конструктивные решения, от правильности выбора которых во многом зависит возможность и экономичность метрологического обеспечения производства и эксплуатации изделий. Затраты на экспертизу при проектировании изделий компенсируются сокращением затрат на разработку неоптимальных вариантов, переделку конструкции, переоборудование производства и т.д.

При организации метрологической экспертизы важно правильно установить подразделение предприятия (организации), на которое будет возложено проведение данной работы. Экспертизу конструкторской и технологической документации должны осуществлять подразделения метрологической службы предприятий (организаций), конструкторские, технологические и другие подразделения, разрабатывающие документацию, а также службы стандартизации под методическим руководством метрологов.

Чаще всего метрологическую экспертизу осуществляют силами метрологической службы предприятия или базовой организации. Такая форма проведения метрологической экспертизы повышает авторитет метрологической службы на предприятии и позволяет накапливать и обрабатывать данные о конструкторских решениях и их метрологическом обеспечении в производстве и в эксплуатации, а также данные об аттестованных методиках измерений, контроля, испытаний и т.п.

На некоторых предприятиях метрологическую экспертизу технической документации выполняют специалисты тех подразделений, где ее разрабатывают, при этом метрологическая служба осуществляет контроль и методическое руководство проведением экспертизы. Экспертов назначают (уполномачивают) приказами по предприятию, их деятельность должна быть регламентирована стандартом предприятия или соответствующей инструкцией (положением). Такой порядок целесообразен при больших объемах документации, подвергаемой экспертизе, при относительно небольшой численности работников метрологической службы предприятия, а также если документация не подлежит передаче из отделов.

Отдел главного метролога, как правило, проводит метрологическую экспертизу технической документации на особо ответственные изделия и на нестандартизованные средства измерений, разрабатываемые на предприятии.

В отдельных случаях конструкторская и технологическая документация на нестандартизованные средства измерений, а также технические задания на разрабатываемые средства измерений подлежат метрологической экспертизе (МЭ) в головных и базовых организациях метрологической службы и в органах Госстандарта.

Техническую документацию представляют на МЭ комплектно, причем все документы, представляемые на МЭ, должны быть подписаны лицами, ответственными за их исполнение.

К моменту предъявления документации на МЭ разработчиком должна быть выполнена метрологическая проработка документации и составлена справка о состоянии решения вопросов метрологического обеспечения, а также проведен ее нормоконтроль.

Учет документации, прошедшей метрологическую экспертизу, а также замечаний по ее результатам, ведут в специальных журналах (рекомендуются отдельные журналы для конструкторской и технологической документации). В журналах указывают наименование и обозначение изделия, комплект документов, наименование отдела (организации) разработчика, дату ее визирования, должность и фамилию эксперта, а также результат экспертизы. К журналу может быть приложен список замечаний и предложений эксперта. Эксперт может вносить в проверенные документы специальные отметки о замеченных ошибках. Эти отметки сохраняются до подписания подлинников и снимаются экспертом при визировании документации.

Конструкторскую и технологическую документацию, прошедшую метрологическую экспертизу без замечаний (или откорректированную документацию), эксперт визирует на поле для подшивки первого или заглавного листа документации.

Документы, прошедшие МЭ с замечаниями, возвращают на доработку (коррекцию) вместе с карточкой замечаний и предложений по результатам МЭ технической документации. Карту замечаний подписывает лицо, проводившее МЭ. Откорректированные документы представляют вместе с картой замечаний на повторную экспертизу.

Разногласия по результатам МЭ между метрологической службой и подразделениями-разработчиками документов разрешает руководство предприятия.

Результаты метрологической экспертизы, по которым требуется оформление значительных изменений технической документации или разработка мероприятий по повышению эффективности метрологического обеспечения, а также результаты метрологической экспертизы технической документации, которая поступила от других организаций и предприятий, излагаются в экспертном заключении. В последнем случае один экземпляр экспертного заключения направляют организации-разработчику документации.

Метрологическая служба ежегодно осуществляет систематизацию итогов метрологической экспертизы ТД и анализ влияния проводимых работ на технико-экономический эффект деятельности предприятия и научно-технический уровень разрабатываемой и выпускаемой ими технической документации. Обобщенные данные оформляют в виде отчета о мероприятиях по дальнейшему совершенствованию метрологического обеспечения производства, НИР и ОКР. Реализация особо важных предложений и мероприятий, разработанных на основе анализа, осуществляется в соответствии с приказом руководства предприятия.

При наличии стандартов, регламентирующих требования к продукции, и надлежащем нормировании метрологического обеспечения продукции, которое опирается на создание технически и экономически обоснованных исходных данных или методик измерений, метрологическую экспертизу технической документации можно заменить **метрологическим контролем**, результаты которого определяют дальнейшее направление работ по анализу и оценке уровня метрологического обеспечения. Не исключено, что выявленные в процессе метрологиче-

ского контроля недостатки потребуют пересмотра ранее принятых решений по выбору нормативных документов, норм, показателей и т.д., а также проведения метрологической экспертизы разработанной технической документации.

В практике предприятий используют различные формы метрологического контроля. Одной из них является **метрологический нормоконтроль** технической документации, осуществляемый конструкторами или технологами. Как правило, нормоконтролю подвергают только чертежи и схемы. Часто метрологический нормоконтроль осуществляется совместно с контролем уровня стандартизации, унификации, технологичности и т.д.

Метрологический нормоконтроль может быть организован непосредственно на каждом конструкторском и технологическом участке или быть единым для всего предприятия.

На многих предприятиях важная роль отводится метрологическому контролю технической документации в процессе ее согласования с метрологической службой. Согласованию обычно подлежат те документы, в которых прямо или косвенно отражаются основные требования к выполнению измерений. Это заявки на разработку изделий и приобретение средств измерений, технические задания и технические условия, эскизные и технические проекты, программы и методики испытаний, методики выполнения измерений (контроля) параметров, комплекты технической документации на создание нестандартизованных средств измерений и др.

#### 2.4.4 Обязанности и права лиц, осуществляющих МЭ технической документации

Методическое руководство специалистами, проводящими метрологическую экспертизу технической документации, осуществляет главный метролог предприятия.

Метролог, осуществляющий экспертизу документации, должен **знать**:

- конструкцию, принцип действия и условия применения серийно выпускаемых средств измерений;
- действующие стандарты, положения, инструкции и другие нормативно-технические документы, регламентирующие нормы точности и правила выполнения измерений;
- организацию и современные методы контроля выпускаемой продукции;
- опыт передовых отечественных и зарубежных предприятий по изысканию и разработке новых методов и средств контроля аналогичной продукции;
- основы экономики и организации производства.

Инженер-метролог **обязан**:

- проверять разрабатываемую документацию на соответствие требованиям стандартов;
- оформлять в установленном порядке обоснованные замечания по проверенной документации и предложения по совершенствованию методов измерений;

- вести учет замечаний и предложений для последующего анализа, классификации ошибок по характерным признакам и подготовке рекомендаций разработчикам по предупреждению ошибок метрологического характера;
- принимать участие в выявлении брака, возникшего в результате применения методов и средств измерений, которые не обеспечивают достаточной точности измерений, а также в разработке мероприятий и рекомендаций по его устранению;
- изучать эксплуатационные свойства средств измерений, контроля и испытаний, применяемых на производстве, в целях их совершенствования;
- оказывать консультацию разработчикам по вопросам метрологического обеспечения разработки, производства и эксплуатации изделий [7].

**При осуществлении метрологической экспертизы ТД инженер-метролог несет личную ответственность наравне с разработчиком за:**

- правильность выбора схем измерений, обеспечивающих необходимую точность при контроле качества продукции;
- внедрение в практику проектирования наиболее прогрессивных и высокопроизводительных методов и средств контроля;
- полноту, правильность и техническую обоснованность внесенных замечаний, предложений и заключений по метрологической экспертизе.

При проведении экспертизы инженер-метролог обязан руководствоваться положениями **только действующих** на момент проведения экспертизы стандартов и другой нормативно-технической документации.

Инженер-метролог **имеет право:**

- возвращать документацию разработчику без рассмотрения при нарушении установленной комплектности или отсутствии обязательных подписей;
- требовать от разработчика документа разъяснений и дополнительных материалов по вопросам, возникшим при проверке;
- требовать от разработчика обязательного внесения изменений и исправлений по предложениям и замечаниям экспертизы;
- визировать документацию, прошедшую метрологическую экспертизу.

Как следует из перечисленных выше обязанностей и прав эксперта-метролога, он, прежде всего, 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 объективности 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. Метрологический контроль производственной деятельности

Как уже говорилось, состояние метрологического обеспечения (МО) на предприятии оказывает значительное влияние на качество выпускаемой продукции, ее экономическую эффективность, безопасность при эксплуатации и т.д. Для контроля состояния МО используют разные формы, которые удобно обобщить в виде вариантов – внешний контроль и внутренний контроль. **Внешний контроль** осуществляется при проведении Государственного метрологического надзора (ГМН), выполняемого государственной метрологической службой (органами Госстандарта), а также в ходе метрологического контроля, который проводит метрологическая служба государственного органа управления (министерства, ведомства). Внутренний контроль (или самоконтроль) выполняет сама метрологическая служба предприятия.

Особенности проведения ГМН для различных предприятий подробно описаны в [20] и ниже не рассматриваются.

Ведомственный контроль на предприятии может быть **плановым, внеплановым, в составе комплексных проверок** или **целевым**. Как правило, он проводится один раз в пять лет.

**Ведомственный метрологический контроль** проводится в форме:

- ведомственной поверки средств измерений;
- ведомственной метрологической аттестации средств измерений;
- проверок состояния и применения средств измерений, внедрения и соблюдения метрологических правил, требований и норм на предприятиях, подведомственных государственному органу управления (министерству, ведомству);
- проверок деятельности головных и базовых организаций метрологической службы, структурных подразделений метрологической службы на предприятиях;

**Служба главного метролога ГОУ (министерства, ведомства):**

- осуществляет на подведомственных предприятиях (организациях) контроль за разработкой, производством, состоянием, применением и ремонтом средств измерений, за своевременным внедрением и соблюдением метрологических правил, требований и норм;
- ведет учет подведомственных предприятий, которым органами Госстандарта предоставлено право изготовления, ремонта или поверки/калибровки средств измерений, а также учет средств измерений, применяемых на предприятиях министерства (ведомства);

- проверяет соблюдение требований к ведомственной поверке и метрологической аттестации средств измерений в системе министерства (ведомства);
- следит за своевременным представлением предприятиями министерства (ведомства) средств измерений на государственные испытания и государственную поверку;
- контролирует работу структурных подразделений метрологической службы на предприятиях министерства (ведомства);
- контролирует разработку и реализацию мероприятий по устранению недостатков, отмеченных органами государственного надзора.

Состояние метрологического обеспечения на предприятии может быть проверено на различных этапах производственного процесса: на стадиях технического задания, разработки документации, этапах испытаний опытного образца (партии) и т.п.

На стадии **технического задания**, оценивая метрологическое обеспечение, устанавливают наличие и правильность отражения требований к измеряемым показателям качества продукции, к методам и средствам их измерений.

На стадиях **разработки документации** устанавливают:

- правильность отражения требований к измеряемым параметрам изделий, режимам технологических процессов, условиям безопасности и безвредности труда;
- правильность отражения требований к средствам и методам выполнения измерений, обеспечивающим соблюдение установленных режимов технологического процесса, контроль качества сырья, материалов, комплектующих изделий, операционный и приемочный контроль качества деталей, сборочных единиц, готовой продукции;
- правильность выбора средств и методов выполнения измерений (контроля, испытаний);
- соответствие порядка проведения метрологической экспертизы требованиям государственных отраслевых стандартов и стандарту предприятия, и эффективность мер, принимаемых разработчиком по ее результатам.

На стадиях **испытаний опытного образца** (опытной партии), если к началу проверки испытания уже закончены, устанавливают:

- соответствие порядка и объема испытаний требованиям программы и методикам испытаний;
- правильность выполнения измерения и испытаний, а также обработки и представления результатов;
- факт корректировки технической документации по результатам испытаний.

Если же испытания не закончены или же проверку проводят до их начала, то устанавливают (дополнительно):

- наличие и соответствие программы и методики испытаний требованиям ТНПА (государственных стандартов и технических условий);
- наличие утвержденных в установленном порядке методик выполнения измерений;

- наличие и правильность назначения средств измерения и испытаний, необходимых для оценки опытного образца (партии), их метрологическое состояние.

На основании проверки определяют причины нарушений метрологического обеспечения испытаний: необеспеченность средствами и методиками измерений и испытаний; применение несоответствующих требованиям ТНПА средств и методик измерений и испытаний; применение неисправных, не поверенных средств измерений и испытаний; неправильное выполнение контрольно-измерительных операций и т.д.

Главным содержанием проверок на **предприятиях-изготовителях** продукции является оценка:

- соответствия выпускаемой продукции требованиям ТНПА (стандартов, технических условий и другой технической документации);
- метрологического обеспечения производства.

При проведении проверки **метрологического обеспечения производства** определяют:

- состояние ТНПА и другой технической документации, устанавливающей требования к измеряемым показателям качества продукции, режимам технологических процессов, условиям безопасности и безвредности труда;
- обеспеченность производственных операций, в том числе операций контроля качества продукции, средствами и методиками выполнения измерений;
- состояние средств измерений и испытаний;
- правильность выполнения измерений, в частности, при проведении контрольных операций;
- организацию и деятельность метрологической службы предприятия;
- влияние нарушений в метрологическом обеспечении на качество выпускаемой продукции.

Проверяя **состояние ТНПА и другой технической документации**, устанавливают:

- полноту и правильность отражения требований к измеряемым параметрам изделий, режимам технологических процессов, условиям безопасности и безвредности труда;
- правильность отражения требований к средствам и методикам выполнения измерений контролируемых параметров;
- правильность выбора средств и методик выполнения измерений (контроля и испытаний).

При проверке **обеспеченности** производственных операций и контроля качества продукции **средствами и методиками выполнения измерений**, устанавливают:

- наличие на рабочих местах средств и методик выполнения измерений, соответствующих требованиям ТНПА;
- пригодность средств измерений, в том числе нестандартизованных, к применению.

Объектами метрологического обеспечения в данном случае являются: операции входного контроля качества сырья, материалов, полуфабрикатов, комплектующих и готовых изделий; операции контроля технологических процессов; операции приемочного контроля, проведения анализов и испытаний качества продукции; операции учета материальных ценностей при приемке, потреблении и отпуске сырья, материалов, энергии и продукции; операции контроля режимов и условий обеспечения безопасности и безвредности труда.

При проверке **состояния средств измерений и испытаний** устанавливают:

- готовность средств измерений к выполнению измерений с нормированной погрешностью;
- соответствие правильности монтажа и установки средств измерений требованиям действующей эксплуатационной документации.

Эту работу проводят до начала проверки соответствия продукции требованиям стандартов и технических условий.

Проверяя **правильность выполнения измерений**, устанавливают:

- обеспечение условий (по температуре, влажности, вибрациям и др.), необходимых для получения достоверных результатов измерений;
- соблюдение персоналом установленной методики выполнения измерений;
- обеспечение достоверности полученных результатов измерений; соответствие данных, вносимых в документ, который удостоверяет качество готовой продукции, данным, полученным в результате измерений и испытаний.

Одновременно устанавливают при этом, как влияют на качество выпускаемой продукции следующие факторы:

- неправильное определение характеристик сырья, материалов, полуфабрикатов, комплектующих и готовых изделий;
- неправильная разработка процедуры операционного контроля и неправильное определение в ОТК показателей качества готовой продукции; нарушение технологических режимов;
- неправильное выполнение измерений при операциях учета товарно-материальных ценностей.

Аналогичные правила распространяются и на проверки, проводимые на ремонтных предприятиях [3].

При проведении анализа деятельности **метрологической службы предприятия** устанавливают:

- наличие утвержденного положения о метрологической службе предприятия;
- укомплектованность метрологической, службы квалифицированными кадрами;
- наличие плана повышения квалификации кадров метрологической службы;
- наличие регистрационного удостоверения на право ремонта средств измерений для сторонних организаций;



- соблюдение установленных действующим законодательством правил поверки и калибровки средств измерений, в том числе эталонов и образцовых средств измерений, применяемых для их проведения;

- степень участия специалистов метрологической службы в обеспечении качества конкретных видов продукции, например в:

- а) повышении эффективности контрольных операций;

- б) внедрении нового поколения средств измерений, контроля и испытаний;

- в) рассмотрении рекламаций и других документов по возмещению убытков при возникновении претензий заказчика (потребителя) к качеству;

- г) оценке количества некачественной продукции, произведенной вследствие недостаточной точности средств измерений, контроля и испытаний и (или) некорректной обработки результатов и т.д.;

- степень участия метрологической службы в работах, направленных на совершенствование метрологического обеспечения производства:

- а) проведении метрологической экспертизы проектно-конструкторской и технологической документации;

- б) аттестации методик выполнения измерений и испытаний;

- в) калибровки средств измерений и аттестации испытательного оборудования и др.;

- состояние основных форм метрологического контроля за средствами измерений на предприятии, учет средств измерений, наличие утвержденных поверочных схем, соблюдение графиков поверки находящихся в обращении средств измерений, наличие информации о состоянии применения аттестованных методик выполнения измерений, эталонов и других средств, применяемых для калибровки средств измерений;

- наличие информации об отказах средств измерений, контроля и испытаний в процессе эксплуатации, о состоянии и условиях их хранения, об эффективности использования;

- эффективность взаимодействия метрологической службы по вопросам метрологического обеспечения производства с другими техническими службами и подразделениями предприятия;

- осуществление контроля за соблюдением всеми службами правил законодательной метрологии и проведение анализа причин нарушений правил законодательной метрологии;

- формы взаимодействия и сотрудничества метрологической службы предприятия с органами государственной метрологической службы.

Все вышеперечисленные сведения сводят в общий документ по определенной форме [6].

Далее результаты ведомственного контроля за метрологическим обеспечением производства оформляются документом (например, актом), на основании которого предприятие разрабатывает план мероприятий по устранению отмеченных недостатков.

**Внутренний метрологический контроль на предприятии** является обязательной формой самоконтроля, своеобразным элементом обратной связи

производственного процесса. Не случайно в перечень обязанностей главного метролога предприятия входит (см. подраздел 1.4) организация и осуществление контроля за разработкой, производством, состоянием, применением и ремонтом средств измерений, своевременным внедрением и соблюдением метрологических правил, требований и норм, деятельностью структурных подразделений метрологической службы предприятия.

С учетом вышесказанного можно сформулировать **основные направления деятельности** метрологической службы предприятия, которые должны быть **объектом внутреннего метрологического контроля**.

1 Соответствие задач и функций метрологической службы изменяющимся задачам предприятия в части метрологического обеспечения. Например, при производстве на предприятии электронных схем переход от микротехнологий к нанотехнологиям потребует существенного увеличения доли оптических измерений, соответствующих средств измерений и их точностного уровня.

2 Постоянный контроль потребности предприятия в серийно выпускаемых и новых типах средств измерений, испытаний, контроля, а также в эталонных средствах их калибровки, поверки и аттестации, которые необходимы для производственных процессов, научно-исследовательских, проектно-конструкторских, испытательных подразделений и подразделений метрологической службы. Эти потребности меняются, как правило, в связи с изменением номенклатуры выпускаемой продукции, конъюнктуры рынка и с учетом требований потребителя (заказчика) к измерениям и контролю, испытаниям характеристик и параметров продукции.

3 Актуализация используемых стандартных справочных данных о свойствах веществ и материалов, которые необходимы для повышения точности и достоверности оценки результатов измерений, испытаний и контроля качества продукции и параметров технологических процессов, для качественного проектирования новых видов техники и технологии.

4 Обеспечение соответствия структуры, состава, численности и квалификации сотрудников метрологической службы поставленным задачам и потребностям предприятия в кадрах специалистов метрологов, в том числе для выполнения работ по поверке и калибровке средств измерений.

5 Контроль соответствия производственных площадей метрологической службы и условий работы на них установленным требованиям ТНПА.

6 Соблюдение сроков действия регистрационного удостоверения на право проведения поверки определенной группы средств измерений, при необходимости корректировка этой группы СИ.

7 Разработка и актуализация локальных поверочных схем, методик выполнения измерений, проведения поверок и калибровок, а также актуализация межповерочных и межкалибровочных интервалов и журналов их учета.

8 Контроль и, при необходимости, корректировка работ по метрологической подготовке производства и метрологической экспертизе конструкторской и технологической документации.

9 Планирование (ежегодно и по кварталам) деятельности метрологической службы предприятия с текущим контролем выполнения отдельных пунктов плана мероприятий.

## 2.6 Планирование работ по метрологическому обеспечению

Планирование метрологического обеспечения является составной частью планирования производственной деятельности и результатов этой деятельности – технико-экономических показателей в рамках отдельного предприятия, группы родственных предприятий (объединения, концерна), отрасли и народного хозяйства в целом. Содержание планов существенно различается в зависимости от уровня, на который рассчитан план.

Одной из наиболее распространенных форм планирования в рамках отрасли являются **программы метрологического обеспечения**, основанные на результатах анализа состояния измерений, контроля и испытаний в отрасли.

**Цель разработки программ** метрологического обеспечения – совершенствование техники измерений, испытаний и контроля параметров производственных процессов, повышение эффективности внедрения автоматизированных систем управления технологическими процессами, создание эталонов, образцовых и рабочих средств измерений, своевременная подготовка метрологических кадров.

**Программа** представляет собой согласованный комплекс мероприятий, направленных на улучшение метрологического обеспечения отрасли, производства отдельных видов и групп важнейшей продукции, народнохозяйственных и научно-технических проблем (например, здравоохранения, охраны окружающей природной среды, атомной энергетики и т.д.) Программы могут быть составлены и по отдельным видам измерений, используемым в ряде отраслей народного хозяйства.

Отраслевые программы разрабатываются, как правило, метрологическими службами государственного органа управления на основании предложений подведомственных предприятий и плана совместных работ, согласовываются с исполнителями программ и утверждаются руководителем министерства (ведомства). Межотраслевые программы, как правило, согласовываются с Госстандартом.

Программы метрологического обеспечения отраслей народного хозяйства должны быть увязаны с отраслевыми пятилетними планами освоения новых видов продукции, внедрения новой техники и технологии, программами работ по решению основных научно-технических проблем, программами комплексной стандартизации и унификации важнейших видов продукции по номенклатуре отрасли, комплексными программами по отдельным видам измерений и т.д.

Программа метрологического обеспечения отрасли народного хозяйства содержит, как правило, следующие разделы [3, 7]:

- разработка новых и пересмотр (в случае необходимости) действующих ТНПА на продукцию, сырье, материалы и комплектующие изделия с целью внедрения прогрессивных методов и средств контроля качества продукции,

технологических процессов, методов и средств измерений и испытаний, обеспечивающих требуемую точность их результатов;

- разработка и организация производства новых средств измерений, испытаний, контроля, в том числе отраслевого назначения;
- аттестация вновь разрабатываемых и действующих методик выполнения измерений, испытаний и контроля параметров сырья, материалов, готовой продукции, технологических процессов;
- аттестация нестандартизованных средств измерений, испытаний и контроля, необходимых для производства продукции;
- выполнение научно-исследовательских работ по созданию новых методов измерений, эталонов, поверочной аппаратуры, методов контроля и испытаний;
- разработка и организация изготовления (в том числе в рамках действующих международных соглашений) недостающих эталонов, поверочной аппаратуры, стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов, создания методик измерений, испытаний и контроля;
- обеспечение потребностей отрасли численными данными о свойствах веществ и материалов;
- разработка ТНПА на методы и средства поверки средств измерений, применяемых при производстве продукции;
- разработка ТНПА, определяющих систему метрологического обеспечения как подсистему отраслевых систем технологической подготовки производства и управления качеством продукции в соответствии с задачами министерства (ведомства) в области метрологического обеспечения;
- обеспечение предприятий отрасли рабочими средствами измерений и средствами их поверки, в том числе и импортными;
- организацию (улучшение) ремонта средств измерений;
- подготовку и повышение квалификации специалистов-метрологов.

Ход реализации программ метрологического обеспечения контролируется министерствами (ведомствами) – разработчиками программ и Госстандартом.

**Основной целью планирования МО на предприятии** является повышение качества и конкурентоспособности выпускаемой продукции, повышение производительности труда на всех этапах производственного процесса, сокращение сроков поверки и ремонта средств измерений, максимальная загрузка поверочного оборудования, своевременная разработка нестандартизованных средств измерений и ТНПА по метрологическому обеспечению и др.

На основе проведенного анализа состояния измерений, контроля и испытаний на предприятии разрабатывается комплексный план метрологического обеспечения подготовки производства, который целесообразен как при постановке на производство новой продукции, так и при серийном выпуске, если в ходе ее изготовления или ведомственного метрологического контроля выявлены недостатки в метрологическом обеспечении. В план следует включать мероприятия по повышению технического уровня измерений, оснащению произ-

водства высокопроизводительными средствами измерений и укреплению материально-технической базы метрологической службы предприятия.

**Процесс планирования** включает несколько этапов: составление проекта плана; составление развернутого плана на основе директивного плана (или программы), утвержденного государственным органом управления (министерством); разработка и доведение плановых заданий до исполнителей; мобилизация коллектива предприятия на выполнение и перевыполнение установленных задач; организация контроля и учета выполнения плана.

Особое внимание должно быть уделено составлению проекта плана, который должен быть напряженным, но реальным и базироваться на тщательно проверенных исходных данных, опыте передовых предприятий и новаторов производства. Планируемые показатели должны быть обоснованы расчетами и организационно-техническими мероприятиями, эффективность проведения которых способствовала бы успешному выполнению плана с наименьшими затратами труда, материальных и денежных средств.

В процессе планирования необходимо выполнить ряд работ, которые позволяют повысить обоснованность плановых заданий. К ним относятся: изучение степени использования и потребности в средствах измерений; анализ того, в какой степени применяемые средства и методы измерений обеспечивают достоверность контроля и управление технологическими процессами; исследование целесообразности проведения ведомственной поверки средств измерений; изучение эксплуатационных свойств средств измерений и др.

Являясь составной частью производственно-финансового плана предприятия (бизнес-плана), часть плановых заданий по МО включается и в виде самостоятельных составных частей в план организационно-технических мероприятий по повышению экономической эффективности работы предприятия.

Так, например, планирование организации или расширения собственной поверки средств измерений может потребовать включения в план предприятия следующих мероприятий: организацию новых структурных подразделений метрологической службы; строительство или реконструкцию помещений для подразделений метрологической службы; приобретение, монтаж и наладку поверочного оборудования и различных коммуникаций (освещение, водоснабжение, кондиционирование т.п.); увеличение численности поверителей и других работников метрологической службы.

Планирование внедрения новых методов и методик выполнения измерений, позволяющих повысить точность измерений и сократить время на получение измерительной информации, также может потребовать включения в план предприятия ряда организационно-технических мероприятий (приобретение нового поверочного оборудования, реконструкцию помещений, обучение персонала и др.).

Отметим, что далеко не все плановые задания по МО включаются в планы предприятия. Большинство из них включают лишь в планы метрологической службы. Независимо от того, входят ли плановые задания МО в производственно-финансовый план предприятия или нет, все его показатели должны быть

увязаны с разделами плана предприятия: план по труду, смета затрат на производстве и др. При этом включение в план мероприятий по МО, связанных с приобретением оборудования, выполнением строительных работ и тому подобное, в ряде случаев должно быть предварительно согласовано с государственным органом управления (министерством), так как средства на их проведение должны быть предусмотрены в плане капитальных вложений.

В системе планирования МО выделяют перспективное (долгосрочное и среднесрочное), текущее и оперативное планирование.

**Долгосрочный** перспективный план рассчитан на 10-, 15-летний и более продолжительный срок действия. Перспективные **среднесрочные** планы составляются на пять лет с разбивкой по годам. В настоящее время они являются основной формой планирования во всех звеньях производства. О результатах работы различных звеньев судят по выполнению именно этих планов.

В процессе выполнения пятилетних планов могут возникнуть ситуации, не предусмотренные при их разработке (применение новых материалов, досрочное освоение новой техники, возникновение новых потребностей и др.). Учет таких ситуаций осуществляется с помощью текущего планирования.

**Текущее планирование** представляет собой разработку планов на год с поквартальной разбивкой. Основной задачей текущего плана являются конкретизация задач перспективного планирования и уточнения путей и условий их решения на основе вскрытых в процессе выполнения перспективного плана резервов с учетом изменившихся условий.

В системе планов МО предприятий и организаций особое место занимает **оперативное планирование**, которое представляет собой разработку планов на относительно короткие промежутки времени (месяц, декада, сутки, смена). Этот вид планирования конкретизирует задания текущего плана, плановые задания доводятся до конкретных исполнителей (участков, бригад, рабочих мест). Примером таких планов являются графики государственной и ведомственной поверки находящихся в эксплуатации средств измерений, контроля и испытаний, планы-графики материально-технического обеспечения, планы технической учебы персонала и др.

Общее организационно-методическое руководство планирования МО осуществляется соответствующей метрологической службой с участием заинтересованных подразделений. Утвержденный план является директивой, определяющей содержание работы соответствующего звена метрологической службы. Необходимым условием его успешного выполнения является осуществление координации деятельности отдельных звеньев и исполнителей, оперативное регулирование и контроль за их работой. С этой целью необходимо организовать учет результатов работы каждого исполнителя, бригад, участков, своевременное обобщение данных и при необходимости передачу их в те подразделения, где могут быть приняты решения, направленные на устранение возникающих отклонений.

Как уже говорилось, совершенствование МО осуществляется по следующим направлениям: разработка и внедрение новых средств и методов измере-

ний; разработка и внедрение новых средств и методов технического и метрологического обслуживания средств измерений; проведение метрологической экспертизы конструкторской и технологической документации. Каждое из направлений включает целый ряд мероприятий, реализация которых осуществляется различными звеньями метрологической службы.

Оценка экономической эффективности этих мероприятий осуществляется путем сравнительного анализа экономического эффекта, получаемого от внедрения каждого мероприятия, с затратами, которые приходится нести для реализации этого мероприятия. В качестве иллюстрации рассмотрим два часто встречающихся мероприятия. Первое – организация на предприятии собственной поверки и ремонта средств измерений. Второе – внедрение новых средств и методов поверки средств измерений.

Основные источники экономического эффекта и составляющие затраты по этим мероприятиям показаны в таблице 2.2 [2].

Таблица 2.2 – Элементы расчета экономического эффекта метрологических мероприятий

Мероприятие	Источники образования экономического эффекта	Затраты, необходимые для проведения работ
1 Организация поверки и ремонта средств измерений на предприятии	Снижение текущих затрат, связанных с выплатой сборов поверочным и ремонтным организациям Госстандарта или другим ведомствам, с подготовкой и доставкой их к месту поверки и ремонта. Снижение потерь в производстве из-за несвоевременного обслуживания средств измерений. Снижение капитальных и текущих затрат на резерв РСИ	Дополнительные капитальные вложения в парк образцового и ремонтного оборудования на предприятии. Текущие, затраты на проведение поверки и ремонта средств измерений силами метрологической службы предприятий
2 Внедрение новых средств и методов поверки средств измерений	Снижение текущих затрат на поверку средств измерений, уменьшение ошибок при поверке и обусловленное им уменьшение ошибок измерений и контроля	Дополнительные капитальные вложения, связанные с приобретением образцовых СИ и другого поверочного оборудования

Положительное решение по планированию того или иного мероприятия принимается только в случае, когда ожидаемый эффект от внедрения этого мероприятия превысит расходы, затраченные на его реализацию.

## 2.7 Установление рациональных параметров системы метрологического обслуживания

### 2.7.1 Модель системы метрологического обслуживания

Одним из важных аспектов совершенствования метрологического обслуживания является эффективное управление парком эксплуатируемых средств измерений. Проблему метрологического обслуживания обостряют и такие факторы, как замораживание численности работников метрологической службы, отставание в оснащении образцовыми методами и средствами поверочных под-

разделений, а также резкое повышение требований к квалификации ремонтного персонала и некоторые другие. Поскольку экстенсивный путь решения возникающих проблем (увеличение численности, фонда зарплаты и т.п.) не всегда возможен, необходимо изыскивать существующие резервы. В настоящее время имеется ряд **направлений рационализации метрологического обслуживания**.

Первое из направлений – проведение централизованной заявочной кампании по пополнению приборного парка предприятия в целях исключения дублирования, унификации номенклатуры, своевременного обеспечения вновь приобретенных приборов поверкой и т.п. Эту задачу решает метрологическая служба, собирая заявки и предложения на средства измерений, испытаний и контроля от всех служб предприятия.

Второе направление связано с оптимизацией стратегии метрологического обслуживания прежде всего, с установлением обоснованных межповерочных, межкалибровочных, межрегулируемых и т.п. интервалов. Важен также рационально организованный учет движения средств измерений на предприятии. Наконец, весьма существенным для повышения производительности в метрологическом обслуживании является человеческий фактор – распространение в ремонтных и поверочных подразделениях метрологической службы бригадного подряда, прогрессивных форм оплаты труда и т.п.

Важнейшим вопросом метрологического обеспечения в процессе эксплуатации является связь между условиями и режимом использования прибора с объемом и глубиной его метрологического обслуживания. Процедуры периодической поверки, регулировки, калибровки, их периодичность и т.п., как правило, фиксируются в ТНПА, при этом графики поверки недостаточно гибки и, как правило, устанавливают годовую периодичность. С позиций глубины и объемов метрологического обслуживания наиболее существенны такие факторы, как реальный диапазон измерений в процессе эксплуатации и допустимые для соответствующей контрольной операции погрешности. Учет первого фактора используют на некоторых предприятиях путем перевода стандартного прибора в разряд нестандартизированного средства измерений, которое аттестуется на использование в реальном более узком, нежели заданный стандартный, диапазоне измерений. Тем самым, добиваются адекватного сокращения объемов поверочных работ. Аналогичный эффект можно получить, если к средству измерений, работающему в подобных условиях, применять не поверку, а калибровку.

Второй фактор может быть учтен путем введения упрощенной методики поверки, которая допустима при снижении требований к точностным характеристикам образцовых средств измерений, используемых при поверке рабочих. Такой подход оправдан, если предполагается поверяемые средства использовать на контрольных операциях, где допустимы определенные выходы за границы допуска нормируемых метрологических характеристик. Как правило, выход на несколько единиц и даже десятков процентов погрешности рабочего средства измерений возможен, так как и допуск на контролируемый параметр,



и допуск на погрешность контрольного прибора выбирают с коэффициентом запаса по точности.

Важным условием при этом является рациональное нормирование ремонтных, поверочных и других работ.

**Нормы времени** на поверочные работы являются основными исходными данными для определения численности сотрудников поверочных и калибровочных подразделений и необходимого эталонного оборудования.

Под нормой времени на поверку понимают необходимую и достаточную меру затрат труда поверителя для выполнения поверки одного средства измерения, методика проведения которой регламентирована в ТНПА по поверке.

Нормы времени на поверку в общем случае зависят от производительности (уровня автоматизации) поверочного оборудования, идентичности средств измерений, подлежащих поверке, и квалификации поверителя. В связи с этим нормы времени при первичной и периодических поверках средств измерений, а также для различных предприятий, как правило, различны. При нормировании поверочных работ следует учитывать время, затрачиваемое на подготовку к данной поверке, а также время на обработку и оформление результатов поверки.

Нормы затрат рабочего времени на поверку средств измерений для конкретного предприятия устанавливают путем хронометражных наблюдений всех операций поверки средств измерений, проводимых двумя-тремя поверителями, хорошо освоившими операции поверки.

При внедрении новых автоматизированных средств поверки нормы затрат рабочего времени следует пересматривать.

После установления норм затрат рабочего времени на поверку средств измерений можно определить количество необходимых для предприятия поверителей

$$N=N_{\text{лн}}+N_{\text{Т}}+N_{\text{Э}}+N_{\text{Р}}+\dots+N_{\text{м}},$$

где  $N_{\text{лн}}$  – численность поверителей по линейно-угловым измерениям,

$N_{\text{Т}}$  – по теплотехническим,

$N_{\text{Э}}$  – по электрическим,

$N_{\text{Р}}$  – по радиотехническим измерениям и т.д.

Численность поверителей по каждому виду измерений определяется по формуле [7]

$$N_n = \frac{\sum_{i=1}^m [t_i (П_{in} + П_{ip} + П_{is})]}{T},$$

где  $m$  – количество групп средств измерений;

$t_i$  – время поверки одного средства измерения определенной  $i$ -й группы ( $i=1, 2, \dots, m$ ) средств измерений в часах;

$П_{in}$  – количество проведенных периодических поверок средств измерений соответствующей группы, определяемое как произведение об-

щего количества средств измерения данного типа ( $Q_i$ ) на число поверок в год ( $\Pi_i$ ):  $\Pi_{ин} = Q_i \Pi_i$ ;

$\Pi_{ip}$  – количество средств измерений, подлежащих поверке после ремонта, которое определяется исходя из среднегодовой нормы ремонта средств измерений, составляющей 20–25% от общего числа средств измерений  $Q_i$ , находящихся и эксплуатации;

$\Pi_{ив}$  – количество внеочередных поверок средств измерений определенного типа, равное 25–30 % от количества периодических поверок ( $\Pi_{ин}$ ). Этот процент целесообразно уточнять по данным двух-трех лет;  $T$  – годовой фонд рабочего времени, планируемый на одного поверителя, его находят из выражения

$$T = 0,91 T_k,$$

где  $T_k$  – календарный годовой фонд рабочего времени в часах;

0,91 – коэффициент плановых потерь рабочего времени (установлен опытным путем).

Зная количество средств измерений, подлежащих поверке на предприятии, производительность поверочного оборудования и площадь, необходимую для размещения поверочных установок, можно определить оптимальное количество поверочных установок и общую производственную площадь для проведения поверочных работ.

На предприятии целесообразно установить нормы затрат рабочего времени на проведение метрологической экспертизы конструкторской, технологической документации, а также на разработку нормативных документов по метрологии. При этом можно руководствоваться типовыми нормами, приведенными в таблицах 2.3, 2.4 [7].

Решающий скачок в модернизации метрологического обеспечения можно сделать только на базе **автоматизации** всей системы метрологического обслуживания. Для автоматизации сложных функций необходим анализ реальной практики метрологического обслуживания, выбор и (или) разработка адекватных моделей отдельных процедур обслуживания и создание на этой основе соответствующего программно-алгоритмического обеспечения.

Таблица 2.3 – Затраты времени на метрологическую экспертизу по видам документации

Документация, подвергаемая метрологической экспертизе	Затраты на 1 лист формата А4, ч
Чертеж детали	3
Сборочный чертеж	5
Пояснительная записка	0,5
Технические условия	0,8
Программа и методика	0,8
Ремонтная документация	0,5
Маршрутная карта	0,2
Карта эскизов	0,3

Таблица 2.4 – Затраты времени на МЭ по видам документации

Вид разрабатываемого нормативного документа	Норма затрат рабочего времени на разработку, ч
Стандарт предприятия	1839
Методика выполнения измерений	444
Методика поверки	656
Локальная поверочная схема	309

Средство измерений в процессе эксплуатации проходит ряд этапов, которые проводят разные службы предприятия. Можно выделить шесть основных этапов:

1) хранение, включающее учет, консервирование и складирование приборов;

2) использование, состоящее обычно из пуско-наладочных работ, собственно использования и регулировки в процессе использования;

3) поверку, которая в рамках формальной постановки задачи обслуживания может включать транспортирование, хранение и саму поверочную процедуру;

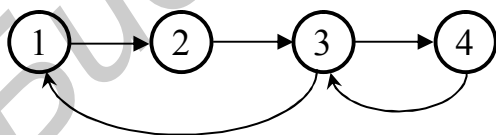
4) ремонт, состоящий из диагностики, восстановлений и регулировки прибора;

5) поступление, включающее регистрацию, входной контроль (поверку) метрологической пригодности, необходимые регулировки;

б) списание, т.е. оформление документов, демонтажные работы, мероприятия по ликвидации (передача в другие организации, сдача на утилизацию элементов, содержащих драгоценные металлы) и т.п.

Простейшую модель движения, перехода СИ из одного состояния (одного этапа) в другое в процессе эксплуатации на предприятии можно отразить с помощью рисунка 2.1. На рисунке 2.1,а представлен в общем виде упрощенный граф состояний отдельного СИ, находящегося в составе парка средств измерений на предприятии. Обозначение состояний соответствует номерам в приведенном перечислении операций: 1 – хранение; 2 – использование; 3 – поверка; 4 – ремонт.

а)



б)

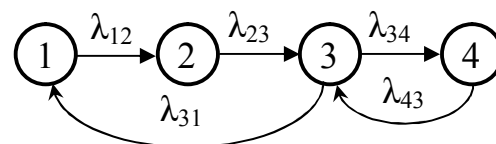


Рисунок 2.1 – Упрощенный граф состояний средства измерения на предприятии

Предполагается, что временные интервалы между последовательными запросами прибора со склада, межповерочные интервалы, длительности поверки и ремонта, т.е. каждый из перечисленных интервалов, распределен по своему неизменному закону. Эти потоки порождают процесс перехода прибора (системы) из состояния в состояние.

Введем обозначения, принятые в теории массового обслуживания:  $P_i$  – вероятность нахождения прибора в состоянии  $i$  ( $i=1\div 4$ );  $\lambda_{ij}$  – плотность вероятности перехода из состояния  $i$  в состояние  $j$  ( $j=1\div 4$ ) и проведем разметку на графе состояний (рисунок 2.1,б). На основе статистической обработки данных о длительности пребывания прибора в том или ином состоянии могут быть получены оценки для величин  $\lambda_{ij}$  (см. ниже), по которым строятся оценки для величин  $P_i$ . В одном важном частном случае, а именно, когда все потоки событий переходов прибора из состояния в состояние пуассоновские ( $\lambda_{ij}=\varphi(t)=\text{const}$ ), система массового обслуживания становится марковской, и для нее могут быть получены аналитические выражения для  $P_i$  ([4]). Полученные характеристики  $P_i$  и  $\lambda_{ij}$  могут использоваться при определении необходимого обменного фонда приборов данного вида, нормировании ремонтных операции, оценки потребных производственных мощностей поверочных лабораторий и т.п. В частности, для пуассоновской модели интервал времени между двумя последовательными событиями (состояниями)  $i$  и  $j$  представляет собой случайную величину  $t_{ij}$ , распределенную с плотностью вероятности  $f_{ij}(t) = \lambda_{ij} \exp(-\lambda_{ij}t)$ . Отсюда среднее время перехода из состояния  $i$  в состояние  $j$  равно

$$T_{cp,ij} = M(t) = \int_0^{\infty} t f_{ij}(t) dt = 1/\lambda_{ij}.$$

Соответственно, если прибор поступил на позицию  $i$  в момент  $t=0$ , то вероятность того, что через интервал  $\Delta t$  он окажется на позиции  $j$ , равна

$$P_{ij}(\Delta t) = \int_0^{\Delta t} f_{ij}(t) dt = 1 - \exp(-\lambda_{ij}\Delta t).$$

В случае непуассоновского потока протекающий в системе процесс описывается уже не обыкновенными дифференциальными уравнениями, а уравнениями в частных производных, что существенно усложняет перспективы использования такой модели в прикладных целях. Вместе с тем, имеется ряд возможностей получения и для немарковской системы обзримых аналитических результатов. Они описаны в специальной литературе.

На практике приходится усложнять простейшую модель за счет введения в рассмотрение дополнительных переходов из состояния в состояние. Соответствующий граф приведен на рисунке 2.2.

Переход из состояния «использование» 2 в состояние «ремонт» 4 с интенсивностью  $\lambda_{24}$  – наиболее часто встречающееся усложнение графа, оно обусловливается повышенной интенсивностью внезапных явных отказов, которые не могут быть сравнительно быстро устранены на месте. Поток событий в подавляющем большинстве случаев может быть аппроксимирован простейшим потоком.

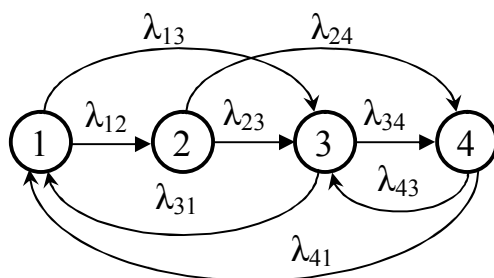


Рисунок 2.2 – Усложненный граф состояний средства измерений на предприятии

Переход из состояния «хранение» 1 в состояние «поверка» 3 с интенсивностью  $\lambda_{13}$  обычно является следствием существующей практики поверочных работ, графики которых не всегда учитывают интенсивность эксплуатации приборов. Хотя из общих соображений следует ожидать значительной регулярности потока приборов из обменного фонда в поверку, на практике, тем не менее, этот поток чаще ближе к простейшему, что объясняется, по-видимому, его большей связью с потоком заявок на приборы, чем с потоком предписанных сроков поверки.

Переход из состояния «поверка» 3 в состояние «использование» 2 реализуется при наличии рабочих мест, которые могут без ущерба простаивать в ожидании поступления прибора из поверки или при дефиците приборов данного вида в обменном фонде. В любом случае модель потока совпадает с моделью, описанной для перехода прибора из поверки па хранение с учетом распределения примерной интенсивности на две части между переходами  $3 \rightarrow 1$  и  $3 \rightarrow 2$ .

Переход из состояния «ремонт» в состояние «хранение» с интенсивностью  $\lambda_{41}$  обычно обусловлен периодической перегрузкой поверочных мощностей по данному виду поверки. Поток по причине своего происхождения вносит нестационарность в модель. Однако из-за сравнительно низкой интенсивности при анализе им можно пренебречь.

Рассмотренные примеры усложнения простейшей модели не выводят систему из класса марковских и ведут лишь к количественному усложнению преобразований и вычислений.

Все предыдущее рассмотрение касалось модели движения на предприятии одного экземпляра средства измерений. Эта модель позволяет решить широкий круг задач определения оптимальных метрологических нормативов на те или иные операции и путей их рационализации.

Дальнейшее расширение круга задач анализа и совершенствования системы метрологического обслуживания требует рассмотрения модели не с одним, а многими сотнями или тысячами единиц эксплуатируемых средств измерений. Из-за «проклятия размерности» чисто количественное усложнение модели оказывается неприемлемым.

Вместе с тем, для большинства прикладных задач необходимо знать лишь некоторые средние характеристики, например, среднее количество приборов, находящихся в ремонте, поверке, на складе и т.д. Для этого целесообразно применить метод динамики средних, разработанный в теории исследования опера-

ций [4]. В соответствии с этим методом процесс движения парка может быть описан не в деталях, а как бы «в среднем». Метод динамики средних позволяет определять математическое ожидание числа приборов  $N_i$ , находящихся в момент времени  $t$  в состоянии  $i$  (обозначим его  $M_i(t)$ ) с учетом нестационарности процесса из-за наличия потоков пополнения и списания приборов. Метод позволяет также учесть неоднородность приборного парка с точки зрения его обслуживания. Такая неоднородность обычно обусловлена существенной разницей в организации и проведении ремонта и поверки средств измерений различных физических величин. Более детально применение метода динамики средних описано в специальной литературе.

### 2.7.2 Качество системы метрологического обеспечения

Сущность метрологического обеспечения производства заключается в получении достоверной информации обо всех контролируемых параметрах, характеризующих качество продукции на всех стадиях ее производства – от исходного сырья до готовой продукции. Осуществление МО на всех стадиях производства продукции позволяет выявлять неиспользованные резервы производства, экономить сырье и материалы, повышать производительность труда и, в конечном счете, улучшать качество.

Актуальность проблемы оценки качества метрологического обеспечения на сегодняшний день в значительной мере обусловлена тем, что при проведении работ по сертификации продукции и производства метрологическое обеспечение рассматривается как один из аспектов, качество которого необходимо оценить. Качество метрологического обеспечения – это совокупность методов и средств метрологического обеспечения, которые придают результатам измерений способность удовлетворять потребности контроля, проведения испытаний и обследований.

Анализ состояния МО является важным самостоятельным этапом процесса принятия управленческих решений по вопросам МО. Следует отметить, что качественный характер многих подвергающихся анализу показателей МО, их несоизмеримость и несопоставимость между собой затрудняет получение объективной оценки состояния МО и его динамики. Создание и эффективное функционирование системы управления МО, цель которой состоит в установлении и поддержании необходимого уровня МО, предполагает необходимость и возможность его количественной оценки. В настоящее время для оценки уровня МО применяется комплексный показатель, являющийся композицией системы метрологических показателей, характеризующих основные направления метрологической деятельности.

Известны различные способы количественной оценки уровня МО и его динамики, отличающиеся характером моделирования системы показателей, назначением и областью применения полученных оценок. Детально они обсуждаются при изучении дисциплины «Квалиметрия и системный анализ». В основу большинства из них положен принцип суммирования относительных уровней по каждому метрологическому показателю с учетом весомости (значимости) этих показателей, что в общем случае можно представить в виде

$$k = \sum_{i=1}^n q_i \alpha_{\phi i} / \alpha_{\sigma i}, \quad (2.2)$$

где  $k$  – коэффициент, характеризующий уровень МО;

$n$  – число метрологических показателей;

$\alpha_{\phi i}$  – фактическое значение  $i$ -го показателя;

$\alpha_{\sigma i}$  – базовое (нормативное) значение  $i$ -го показателя;

$q_i$  – коэффициент весомости  $i$ -го показателя.

Номенклатура основных метрологических показателей, используемых для оценки уровня МО, их весомость, а также нормативное значение для отдельных отраслей и предприятий существенно различаются и устанавливаются, как правило, на основе методов экспертных оценок. Материалы по количественной оценке уровня МО, разработанные в частности для предприятий связи, оформлены в виде самостоятельных методических указаний [2].

Количественная оценка уровня МО позволяет объективно оценить состояние МО, проследить его динамику, прогнозировать и нормировать уровень МО, решать ряд задач оптимизации. Она позволяет также анализировать влияние динамики различных показателей МО на общий уровень и оценивать их эффективность. Наличие количественных методов оценки уровня МО позволяет реализовать не только оперативные, но и более общие и долгосрочные задачи управления МО на предприятии. Применение квалиметрического подхода к оценке уровня качества метрологического обеспечения выходит за рамки дисциплины «Метрологическое обеспечение» и требует обращения к специальной литературе.

## 2.8 Вопросы для тест-контроля

**1 Выберите наиболее полное и точное определение целей проведения метрологической экспертизы:**

1) анализ и оценка технических решений по выбору параметров, подлежащих измерению, оценка правильности установления норм точности и выбора средств и методов измерений, применяемых при разработке, производстве, эксплуатации и ремонте изделий;

2) повышения технического уровня и эффективности измерений при разработке, изготовлении и контроле качества изделий;

3) экспертной оценки документации на выпускаемое изделие и технологические процессы его производства, содержащей информацию о метрологическом обеспечении;

4) правильных ответов нет.

**2 Какие из перечисленных документов не должны подвергаться метрологической экспертизе со стороны метрологической службы предприятия:**

1) проекты эксплуатационной, конструкторской и технологической документации;

- 2) методики выполнения измерений и испытаний;
- 3) методики поверки и калибровки средств измерений;
- 4) правильных ответов нет?

**3 Кто осуществляет метрологическую экспертизу методик выполнения измерений, методик поверки и калибровки:**

- 1) разработчик;
- 2) сотрудники метрологической службы;
- 3) Региональный центр Госстандарта;
- 4) правильных ответов нет?

**4 Какие из нижеперечисленных документов не проходят метрологическую экспертизу:**

- 1) технические задания;
- 2) технические условия;
- 3) стандарты организации;
- 4) нет правильных ответов?

**5 Кто осуществляет анализ состояния измерений на предприятиях:**

- 1) государственные органы управления;
- 2) метрологические службы;
- 3) государственные инспекторы за средствами измерений;
- 4) правильного ответа нет?

**6 Какая из нижеперечисленных функций не относится к функциям метрологической службы предприятия:**

- 1) анализ состояния измерений в отрасли;
- 2) метрологическая экспертиза технической документации;
- 3) планирование работ по метрологическому обеспечению;
- 4) нет правильного ответа?

**7 Какой из перечисленных факторов не влияет на результаты анализа состояния измерений на предприятии:**

- 1) приказ министерства о проведении анализа состояния измерений;
- 2) объем метрологических работ;
- 3) сложность и точность выпускаемой продукции;
- 4) правильных ответов нет?

**8 Из предложенных вариантов выберите ответ, который наиболее полно содержит перечень объектов метрологической экспертизы:**

1) технические задания; технические условия, программы и методики испытаний, технические описания, инструкции по эксплуатации, карты технологического процесса, карты типовой (групповой) операции, операционные карты, технологические инструкции, маршрутные карты, сборочные чертежи, чертежи деталей, руководства по ремонту, методики выполнения измерений, научно-технические отчеты;



2) технические задания на НИР и ОКР; конструкторские документы, технологические документы, технологические инструкции; извещения об изменении документов, маршрутные карты, сборочные чертежи, чертежи деталей, руководства по ремонту, методики выполнения измерений, научно-технические отчеты, документы, в которых установлены нормы точности или содержатся сведения о методах и средствах измерений, карты технического уровня и качества продукции;

3) конструкторские документы – технические условия, программы и методики испытаний, технические описания, инструкции (руководства) по эксплуатации; технологические документы – карты технологического процесса, карты типовой (групповой) операции, операционные карты, технологические инструкции; извещения об изменении документов, ранее прошедших МЭ, научно-технические отчеты, извещения об изменениях документов, в которых установлены нормы точности или содержатся сведения о методах и средствах измерений, карты технического уровня и качества продукции;

4) правильных ответов нет.

***9 Какие мероприятия должны быть предварительно выполнены в части метрологического обеспечения при создании системы менеджмента качества предприятия в соответствии с требованиями ИСО 9001 версии 2000 года:***

1) определить производственные процессы;

2) издать приказ о разработке системы менеджмента качества;

3) направить в Госстандарт официальную заявку на сертификацию системы менеджмента качества по ИСО 9001;

4) правильных ответов нет?

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 СТБ 8000-2000. Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Основные положения.
- 2 Гранатуров В.М., Некрасов В.С. Организация, планирование и управление метрологическим обеспечением в отрасли связи. – М.: Радио и связь, 1987. – 184 с.
- 3 Рейх Н.Н., Тупиченков А.А., Цейтлин В.Г. Метрологическое обеспечение производства. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 248 с.
- 4 Конюхов А.Г. Метрологическое обеспечение в приборостроении. Аспекты управления. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 208 с.
- 5 МИ 2267-2000. Рекомендация. ГСИ. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Метрологическая экспертиза технической документации.
- 6 МИ 2240-92. ГСИ. Анализ состояния измерений, контроля и испытаний на предприятии, в организации, объединении. Методика и порядок работы.
- 7 Шишкин И.Ф. Прикладная метрология. – М.: ВЗПИ, 1990. – 116 с.
- 8 РД ТП 54-75. Типовое положение о метрологической службе министерства (ведомства).
- 9 РД ТП 55-75. Типовое положение о головной организации метрологической службы.
- 10 РД ТП 56-75. Типовое положение о базовой организации метрологической службы.
- 11 РД ТП 57-75. Типовое положение о метрологической службе промышленного предприятия, научно-исследовательской, проектно-конструкторской и технологической организации.
- 12 Астафьева Л.Е., Жагора Н.А. Метрологическое обеспечение производства в соответствие с требованиями ИСО серии 9000/ Материалы международной научно-методической конференции «Стандартизация и управление качеством. Методологические аспекты построения системы подготовки, переподготовки и повышения квалификации» – Мн.: 2001. – С. 34-39.
- 13 МИ 2179-91. Рекомендация. ГСИ. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Оптимизация точности измерений по экономическому критерию.
- 14 МИ 2232-2000 ГСИ. Рекомендация. ГСИ. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Оценивание погрешности измерений при ограниченной исходной информации.
- 15 РД 50-453-84. Методические указания. Характеристики погрешности средств измерений в реальных условиях эксплуатации. Методы расчета.
- 16 РМГ 29-99. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения.

17 Основные термины в области метрологии: Словарь-справочник/ М.Ф. Юдин, М.Н. Селиванов, О.Ф. Тищенко, А.И. Скороходов: Под ред. Ю.В. Тарбеева. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 113 с.

18 Межгосударственный стандарт ГОСТ 8.010-99. Методики выполнения измерений. Основные положения.

19 Кириллов В.И. Метрологическое обеспечение: Учеб. пособие в 4 ч. Ч.1. – Мн.: БГУИР, 2003. – 85 с.

20 Кириллов В.И., Астафьева Л.Е. Метрологическое обеспечение: Учеб. пособие в 4 ч. Ч.2. – Мн.: БГУИР, 2004. – 87 с.

21 Кириллов В.И., Астафьева Л.Е. Метрологическое обеспечение: Учеб. пособие в 4 ч. Ч.3. – Мн.: БГУИР, 2005. – 89 с.

22 Артемьев Б.Г., Голубев С.М. Справочное пособие для работников метрологических служб. В 2 кн. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во стандартов, 1990.

23 МИ 2117-90. Рекомендация. Организация метрологического обеспечения при внедрении стандартов ИСО серии 900.

24 МИ 2301-2000. ГСИ. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Методы и способы повышения точности измерений.

25 МИ 2233-2000. Рекомендация. ГСИ. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Основные положения.

26 СТБ 8006-95. Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Государственный метрологический надзор и метрологический контроль. Основные положения.

27 МИ 2116-90. Рекомендация. Анализ и оценка МО предприятия при внедрении стандартов ИСО 9000.

28 МД-16. Международный документ Международной организации законодательной метрологии (МОЗМ) «Принципы обеспечения метрологического контроля».

29 Астафьева Л.Е. Метрология в системе качества// Метрология и приборостроение (Минск). – 2004. – №1. – С. 21-24.

30 СТБ ИСО 9001-96. Системы качества. Модель обеспечения качества при проектировании, разработке, производстве и обслуживании.

31 РД РБ 0410.8107-96. Порядок осуществления государственного метрологического надзора за соблюдением метрологических правил и норм.

32 Закон Республики Беларусь «Об обеспечении единства измерений» (от 05.09.1995).

33 Закон Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации» (от 05.01.2004).

34 Закон Республики Беларусь «Об оценке соответствия требованиям технических правовых актов в области технического нормирования и стандартизации» (от 05.01.2004).

35 СТБ ИСО 10012-2004. Системы управления измерениями. Требования к процессам к процессам измерений и измерительному оборудованию.

Учебное издание

**Кириллов Владимир Иванович,  
Астафьева Лидия Евгеньевна**

## МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Учебно-методическое пособие  
для студентов специальности  
«Метрология, стандартизация и сертификация  
(радиоэлектроника, информатика и связь)»  
дневной формы обучения

В 4-х частях  
Часть 4

В авторской редакции.  
Отв. за выпуск С.Н. Воробьева.

---

Подписано в печать 29.05.2006.  
Гарнитура «Таймс».  
Уч.-изд. л. 4,4.

Формат 60x84 1/16.  
Печать ризографическая.  
Тираж 100 экз.

Бумага офсетная.  
Усл. печ. л. 4,77.  
Заказ 164.

---

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»  
ЛИ № 02330/0056964 от 01.04.2004. ЛП № 02330/0131518 от 30.04.2004.  
220013, Минск, П.Бровки,6