

МИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра метрологии, стандартизации и сертификации

С.В. БОЙКО, А.Л. ВОРОБЬЕВ, И.В. КОЛЧИНА

РАЗРАБОТКА И АТТЕСТАЦИЯ МЕТОДИК ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
государственного образовательного учреждения высшего
профессионального образования «Оренбургский государственный
университет»

Оренбург 2004

ББК 30ц
Б 77
УДК 006(07)

Рецензент

кандидат технических наук, доцент В.А. Никитин

Бойко С.В., Воробьев А.Л., Колчина И.В.
Б 77 **Разработка и аттестация методик выполнения измерений:
Методические указания. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. – 77с.**

Приводятся сведения, дающие необходимые знания для понимания основных процедур разработки и аттестации МВИ, изложенных в ГОСТ 8.563-96 и других нормативных и методических документах, относящихся к МВИ.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по специальности 072000 «Стандартизация и сертификация», при изучении дисциплины «Технология разработки стандартов и нормативной документации»

ББК 30ц

© Бойко С.В., Воробьев А.Л.,
Колчина И.В. 2004
© ГОУ ОГУ, 2004

Введение

Методики выполнения измерений (МВИ) как метрологический объект появились в 1972 г. Объективными причинами появления МВИ в метрологической деятельности явились сформулированные в то время принципы обеспечения единства измерений: результаты измерений должны выражаться в узаконенных единицах и должна быть известна погрешность измерений. Для реализации этих принципов в тот период были разработаны и стали внедряться основные положения Государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ). Для реализации этих принципов и внедрения положений ГСИ оказалось недостаточно иметь средства измерений, метрологические характеристики которых удовлетворяют установленным требованиям. Это объясняется тем, что погрешность многих измерений зависит не только от метрологических характеристик средств измерений, но и от других причин, которые определяются методом и процедурой измерений (погрешность метода, погрешности, возникающие при отборе и приготовлении пробы, личностные погрешности, условия измерений и другие причины). В этой связи был разработан ГОСТ 8.010-72 «ГСИ. Общие требования к стандартизации и аттестации методик выполнения измерений», в котором были регламентированы основные положения разработки и применения МВИ, начался процесс внедрения их в практику работы метрологических служб.

В результате работ в этой области появились стандарты и методические документы на МВИ, началась аттестация МВИ. Эти работы нашли отражение в отраслевых программах метрологического обеспечения.

На основе опыта разработки и аттестации МВИ вместо ГОСТ 8.010-72 был разработан ГОСТ 8.010-90 «ГСИ. Методики выполнения измерений», который в соответствии с постановлением Госстандарта прекратил свое действие на территории России с 1 июля 1997 года и заменен с этого времени новым стандартом.

МВИ объединяют основные компоненты системы обеспечения единства измерений (измеряемая величина, единицы величин, метод измерений, метрологические характеристики средств измерений, форма и вид представления результатов измерений и др.). Поэтому разработка и внедрение современных МВИ существенно влияет на развитие эталонной базы и систем передачи размеров единиц от эталонов всем средствам измерений.

За 25 лет со времени появления МВИ было разработано большое количество документов на МВИ, входящих в ГСИ, соответствующих ведомственных документов и документов предприятий. Однако масштабы разработки и применения МВИ пока не соответствуют их значению в обеспечении единства измерений в стране.

Новый импульс метрологической деятельности в области МВИ дал принятый в 1993 году Закон Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений» /1/. В этом Законе установлены требования к МВИ, применяемым в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора, а также положения государственного метрологического надзора за МВИ, функции государственной метрологической службы и метрологических служб юридических лиц.

В частности статья 9 указанного закона регламентирует следующее:

«Измерения должны осуществляться в соответствии с аттестованными в установленном порядке методиками.

Порядок разработки и аттестации методик выполнения измерений определяется Госстандартом России».

В этой связи возникла необходимость разработки нового стандарта, в котором должны быть сформулированы новые, по отношению к действующему ГОСТ 8.010-90 положения.

Следует отметить, что в странах СНГ законодательство в области метрологии в части требований к МВИ и средствам измерений, применяемых в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора, существенно отличается от Закона Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений». Это обстоятельство определило разработку государственного стандарта Российской Федерации ГОСТ Р 8.563-96 «ГСИ. Методики выполнения измерений» /2/, который введен в действие с 1 июля 1997 года. С этого срока прекратил действие на территории России межгосударственный стандарт ГОСТ 8.010-90.

Настоящие методические указания основаны на положениях современных нормативных и методических документов, перечень которых приводится в списке использованных источников и предназначено для студентов специальности 072000 «Стандартизация и сертификация» при изучении ими дисциплин «Метрология, стандартизация и сертификация» и «Технология разработки стандартов и нормативной документации».

1 Разработка методик выполнения измерений

1.1 Понятие МВИ и порядок его внедрения

В ГОСТ Р 8.563-96 дано определение МВИ, которое отсутствует в нормативных документах ГСИ (в том числе в ГОСТ 8.010-90) и в Законе РФ «Об обеспечении единства измерений».

МВИ - это совокупность операций и правил, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений с установленной погрешностью (неопределенностью).

Получение результатов измерений с установленной погрешностью или с погрешностью, не превышающей допустимых пределов (норм погрешности измерений), является важнейшим условием обеспечения единства измерений. Таким образом, МВИ, отвечающие современным требованиям, играют решающую роль в обеспечении единства измерений.

Требования ГОСТ Р 8.563-96 (в новой его редакции от 01.11.2002 г.) распространяются на вновь разрабатываемые и пересматриваемые МВИ, включая методики количественного химического анализа (МКХА) и устанавливают общие положения и требования к их разработке, аттестации, стандартизации и метрологическому надзору за ними.

Большинство МВИ и документов на них, действовавших до даты введения в действие изменения к ГОСТ Р 8.563-96, не удовлетворяют современным требованиям стандарта. Поэтому организации и предприятия, применяющие МВИ, должны иметь планы (графики) отмены и пересмотра документов на МВИ, не удовлетворяющих требованиям стандарта. В планы (графики) пересмотра или отмены МВИ в первую очередь включают документы на МВИ, предназначенные для применения в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора.

При составлении указанных планов (графиков) предприятие может запросить у организаций-разработчиков документов на МВИ сведения о сроках пересмотра или разработки новых документов на МВИ и их аттестации.

В указанных планах (графиках) должно быть предусмотрено проведение аттестации и, в необходимых случаях, стандартизации МВИ. Целесообразно также включать в планы (графики) подготовку специалистов предприятий, которые будут проводить аттестацию МВИ.

Если предполагается аттестация МВИ, используемых на других предприятиях или в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора, то необходимо планировать подготовку и осуществление аккредитации метрологической службы на право проведения аттестации МВИ.

Стандарт не распространяется на МВИ, характеристики погрешности измерений по которым определяют в процессе или после их применения. По этой причине такие МВИ не могут быть аттестованы в

соответствии с требованиями ГОСТ Р 8.563-96. Подобные МВИ применяют в научных исследованиях, при проведении экспериментов и в других случаях, когда имеют место «разовые» процедуры измерений или сами МВИ находятся в стадии исследований.

Порядок разработки, применения и требования к указанным МВИ определяют ведомства или организации, разрабатывающие и применяющие эти МВИ.

Во многих случаях применения указанных МВИ известная до измерений погрешность не удовлетворяет конкретной задаче контроля или испытаний. Поэтому пользователь ищет пути применения выбранной МВИ с меньшей погрешностью. Одним из таких путей является оценивание погрешности измерений в процессе или после выполнения измерений. При этом такое оценивание осуществляется для конкретных значений влияющих величин, которые могут быть существенно меньше оговоренных в документе на МВИ. Результаты таких измерений могут быть использованы в конкретных задачах контроля и испытаний. При аттестации таких МВИ осуществляется проверка соответствия погрешности измерений указанным значениям в документе на МВИ для всего спектра влияющих величин, а также оценивание погрешности для меньших значений влияющих величин, которые могут иметь место в типичных реальных условиях применения МВИ. Если погрешности измерений удовлетворяют задачам контроля и испытаний, то такая МВИ может быть аттестована с указанием погрешности измерений в общих условиях, указанных в документе на МВИ, и правил оценивания погрешности в конкретных условиях измерений.

Требования ГОСТ Р 8.563-96 также не распространяются на методики поверки (калибровки) средств измерений, а также методики выполнения измерений, содержащиеся в руководствах по эксплуатации средств измерений утвержденных типов.

1.2 Общий порядок разработки МВИ

Процедура разработки МВИ в общем случае включает: разработку технического задания, формирование исходных данных, выбор метода и средств измерений, проведение теоретических или экспериментальных метрологических исследований, разработку (при необходимости) методов оперативного контроля точности результатов измерений, разработку документа на МВИ, экспертизу, аттестацию, стандартизацию МВИ.

Если в процессе разработки МВИ осуществляется разработка необходимых средств измерений, которые будут использованы в сфере распространения государственного метрологического контроля и надзора, то типы таких средств измерений должны быть утверждены, для чего они подвергаются испытаниям в государственных центрах испытаний средств

измерений. В процессе таких испытаний разрабатывается и проверяется методика поверки этих средств измерений.

Процедура разработки МВИ в общем виде показана на рисунке 1.



Рисунок 1 – Общий порядок разработки МВИ

Разработку, согласование и утверждение технического задания (ТЗ) на разработку МВИ осуществляют в случаях, когда предполагается регламентировать МВИ в отдельном документе.

Типичные сведения и требования, указываемые в ТЗ на разработку МВИ, следующие:

- измеряемая величина и назначение МВИ (желательна такая формулировка, из которой можно было бы установить возможность использования МВИ в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора);
- пределы измерений;
- пределы допускаемой погрешности измерений;

– характеристики объекта измерений, которые могут повлиять на погрешность измерений (например, колебания температуры жидкости в резервуаре, масса которой измеряется по уровню);

– условия измерений (температура, влажность, давление окружающего воздуха, характеристики источника питания средств измерений, наличие внешних электромагнитных полей, вибрация в местах установки средств измерений и другие внешние влияющие величины);

– вид индикации и формы регистрации результатов измерений;

– требования к автоматизации измерительных процедур;

– требования к обеспечению безопасности выполнения работ;

– другие требования в соответствии со спецификой МВИ.

Целесообразно подчеркнуть необходимость четкой регламентации измеряемой величины (в том числе ее распределение в пространстве, изменений во времени и т.п.) и назначения МВИ.

В качестве примера необходимости четкой регламентации назначения можно привести два варианта использования результатов количественного химического анализа.

Одни методики количественного химического анализа (МКХА), которые также являются МВИ, применяют для определения свойств или состава образца продукции, отобранного и приготовленного определенным образом.

Большинство МКХА используют для определения средних или интегральных характеристик некоторой партии (количества) продукции. В этом случае погрешность измерений таких характеристик зависит и от процедур отбора и приготовления образца (пробы). Образец (проба) должен быть представительным, т.е. отражать все возможные вариации анализируемых характеристик продукции в партии.

Таким образом, в данном примере недостаточно в наименовании измеряемой величины указывать «содержание ХХХ компонента в продукте УУУ»; необходимо такие слова дополнить «в образце» или «в партии продукта». Последнее определение измеряемой величины характерно в большинстве случаев для процедур контроля продукции.

Другим примером может служить измерение температуры уходящих газов в дымоходе котлоагрегата тепловой электростанции. Если для расчетов технико-экономических показателей котлоагрегата используют средние значения температуры уходящих газов, то целесообразно в наименовании измеряемой величины указать это условие. Иначе МВИ может быть разработана для измерений температуры в одной точке сечения дымохода и при этом погрешность измерений среднего значения температуры будет неизвестна, что не позволит достоверно оценить погрешность результатов расчета технико-экономических показателей.

Для разработки МВИ одним из основных исходных требований является требование к точности измерений. Требования к точности

измерений устанавливают в виде пределов допускаемых значений характеристик абсолютной или относительной погрешности измерений.

Наиболее распространенным способом выражения требований к точности измерений являются границы допускаемого интервала, в котором с заданной вероятностью P должна находиться погрешность измерений.

Если границы симметричны, то перед их одним числовым значением ставятся знаки «плюс-минус». Если заданное значение вероятности равно единице ($P=1$), то в качестве требований к точности измерений используются пределы допускаемой погрешности измерений, при этом вероятность $P = 1$ не указывается.

Другие способы выражения требований к точности измерений в зависимости от использования результатов измерений приведены в Рекомендациях МИ 1317-86 «ГСИ. Результаты измерений и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле параметров».

В ряде нормативных документов приводятся требования к точности измерений в наиболее распространенных технологических процессах. Так, в машиностроении действует ГОСТ 8.051-81 «ГСИ. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм» /3/; в теплоэнергетике применяют сведения из РД 34.11.321-88 «Нормы точности измерений технологических параметров тепловых электростанций»; при санитарном контроле - ГОСТ 27384-2002 «Вода. Нормы погрешности измерений показателей состава и свойств».

Однако часто такие требования в явном виде могут отсутствовать и вместо них могут быть заданы требования к достоверности измерительного контроля или требования к погрешности результатов испытаний, а также требования к другим результатам реализации информационных и управляющих функций системы управления (например, к точности вычисления технико-экономических показателей).

Если МВИ будет регламентирована в виде раздела или пункта общего документа (например, ТУ на продукцию), то в ТЗ на разработку этой продукции целесообразно указать основные требования к МВИ, в том числе к точности измерений, либо требования к достоверности измерительного контроля или погрешности результатов испытаний.

Если для разработки МВИ имеются достаточные исходные данные, то ТЗ на разработку МВИ может не потребоваться.

1.3 Исходные данные для разработки МВИ

Основные исходные данные указываются в ТЗ на разработку.

Вместе с тем, данные, приведенные в ТЗ, часто требуют дополнения. Так, если в ТЗ указаны требования к достоверности контроля, то необходимо известными способами рассчитать пределы допускаемой

погрешности измерений (один из таких способов приведен в МИ 1317-86). Эта характеристика погрешности будет использована при выборе метода и средств измерений в процессе разработки МВИ.

Часто на практике в качестве исходных данных для установления требований к точности измерений при контроле используют допуск на контролируемый параметр. Считается удовлетворительным соотношение между пределом допускаемой погрешности измерений и границей симметричного поля допуска 1 : 5 (в ряде случаев 1 : 4). При соотношении 1 : 3 может вводиться контрольный (суженный) допуск на контролируемый параметр.

Для разработки МВИ могут потребоваться исходные данные, которые содержатся в соответствующих конструкторских или технологических документах.

Кроме того, для разработки МВИ могут потребоваться следующие сведения:

- о наличии средств измерений, в том числе утвержденных типов;
- о наличии других технических средств, в том числе средств вычислительной техники, которые могут быть использованы при измерениях;
- о наличии эталонов, стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов, аттестованных смесей для поверки (калибровки) средств измерений, которые могут быть использованы в МВИ;
- о квалификации имеющихся операторов, выполняющих измерения;
- другие данные в соответствии со спецификой МВИ.

Для формирования исходных данных разработчикам МВИ целесообразно иметь нормативные и рекомендательные документы, перечень которых приведен в списке использованных источников, а также документы и справочные материалы, исходя из специфики измеряемой величины, объекта контроля и управления, другие исходные данные.

1.4 Метод измерений

В соответствии с РМГ 29-99 /4/ метод измерений - это совокупность приемов использования принципов и средств измерений. При этом под принципом измерений понимается совокупность физических явлений, на которых основаны измерения. Метод измерений в общих чертах описывает измерительные операции и является основой МВИ.

МВИ по ГОСТ Р 8.563-96 - это совокупность операций и правил, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений с известной погрешностью.

Во многих случаях описание метода измерений не содержит характеристик погрешности измерений, в то время как для МВИ согласно

приведенному определению характеристика погрешности измерений является обязательной.

Выбор метода измерений во многом зависит от измеряемой величины. При этом предпочтительным является метод прямых измерений, при котором искомое значение величины находят непосредственно из опытных данных.

Однако в силу тех или иных причин приходится применять косвенные методы измерений. При косвенных методах измерений искомое значение величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям.

По сути, косвенные измерения - это прямые измерения + вычислительные процедуры по известной зависимости. В процессе косвенных измерений обычно имеют место отклонения от строгой зависимости измеряемой величины от величин, подвергаемых прямым измерениям. Это обстоятельство приводит к появлению методических составляющих погрешности измерений.

В качестве типичных методических составляющих погрешности измерений можно привести следующие:

1) неадекватность (неполное соответствие) контролируемому объекту модели, параметры которой принимаются в качестве измеряемых величин. Как правило, модель объекта практически лишь приближенно отражает свойства объекта, которые должны быть определены в результате измерений.

В качестве примера здесь можно привести измерения внутреннего диаметра втулки и наружного диаметра вала с целью обеспечения уплотнения их соединения.

Степень уплотнения втулки и вала зависит от действительных размеров их поперечного сечения. Внутренняя поверхность втулки и наружная поверхность вала формируются в результате механической обработки, поэтому их поперечные сечения не в полной мере соответствуют поперечным сечениям цилиндрических тел из-за шероховатости и волнистости поверхности, эллипсности (овальности) сечений и конусности. Для поставленной задачи (контроль степени уплотнения) в большей степени необходимо было бы измерять средние диаметры в нескольких сечениях вала и втулки.

Вместе с тем, для упрощения процедуры измерений их сочленяемые поверхности принимаются чисто цилиндрическими, а в качестве измеряемых величин в поперечных сечениях используются диаметр вписанной окружности втулки и диаметр описанной окружности вала, что приводят к соответствующей методической составляющей погрешности;

2) отклонения от принятых значений аргументов функции, связывающей измеряемую величину с величинами, подвергаемыми прямым измерениям (с величинами на «входе» средства измерений или первичного измерительного преобразователя). Например, при измерении

расхода газа с помощью сужающих устройств принимаются конкретные значения коэффициентов расхода, сжимаемости, Рейнольдса, а также значения плотности и влажности газа. В реальном случае эти данные могут отличаться от принятых значений, что вызывает соответствующие методические составляющие погрешности измерений расхода газа;

3) составляющая методической погрешности, вызванная отклонениями при передаче значения измеряемой величины от точки отбора информации до входа средства измерений. Примером здесь могут служить не учитываемые изменения давления столба жидкости в трубке, соединяющей точку отбора с входом средства измерений. Эти изменения давления столба жидкости приводят к соответствующей методической составляющей погрешности измерений давления. Причинами этих не учитываемых изменений давления могут служить колебания температуры, плотности среды в трубке и другие факторы в процессе измерений давления;

4) погрешность из-за эффектов квантования. Одной из типичных причин возникновения такой составляющей погрешности является замена интегрирования суммированием измеренных дискретных значений при определении интегрального или среднего значения за интервал или в заданном объеме величины (потребляемая энергия при измерениях потребляемой мощности в дискретные моменты времени, средняя температура в заданном объеме при измерении температуры в дискретных точках этого объема и т.п.);

5) отличие алгоритма вычислений от функции, строго связывающей результаты прямых измерений с измеряемой величиной. Обычно такого рода составляющие погрешности являются следствием линеаризации нелинейных функций с целью упрощения вычислительных процедур;

6) погрешности, возникающие из-за невозможности обеспечить представительность образца или пробы при определении характеристик партии продукции или ее определенного количества.

Например, проба отбирается на складе из верхних (доступных) слоев продукта и по этой причине не полностью отражает его среднее содержание компонентов, которое отражает режим технологического процесса;

7) методические составляющие погрешности измерений, вызываемые мешающим влиянием факторов пробы (мешающие компоненты пробы, дисперсность, пористость и т.п.).

1.5 Средства измерений

Средства измерений являются основой МВИ, их метрологические характеристики существенно влияют на погрешность измерений.

Номенклатура метрологических характеристик средств измерений регламентирована в ГОСТ 8.009-84 /5/ «ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений».

В подавляющем числе случаев из числа предусмотренных этим стандартом характеристик погрешности нормируют предел допускаемых значений основной (в нормальных условиях) и дополнительных погрешностей средств измерений данного типа. Кроме того, во многих случаях нормируют характеристики инерционных свойств средств измерений, по которым можно судить, имеют ли место динамические погрешности в реальном режиме измерений, и по которым можно определить динамические составляющие погрешности средств измерений или погрешности средств измерений в динамическом режиме (последние нормируют, когда невозможно выделить динамическую составляющую погрешности в качестве дополнительной погрешности).

Согласно ГОСТ 8.009-84 в числе нормируемых метрологических характеристик предусмотрены характеристики систематических и случайных составляющих погрешности.

Систематические составляющие погрешности - это составляющие погрешности, не меняющиеся при повторных измерениях одной и той же величины или меняющиеся по известному закону.

Случайные составляющие погрешности - это составляющие погрешности, изменяющиеся случайным образом при измерениях одной и той же величины.

Однако, характеристики случайной и систематической составляющих погрешности средств измерений, как правило, не нормируют; эти метрологические характеристики не нашли применения в приборостроении.

Метрологические характеристики средств измерений определяют следующие инструментальные составляющие погрешности измерений:

- 1) основные погрешности средств измерений;
- 2) дополнительные статические погрешности средств измерений, вызываемые медленно меняющимися внешними влияющими величинами и факторами;
- 3) динамические погрешности средств измерений (погрешности, вызываемые инерционными свойствами средств измерений), которые могут быть представлены как дополнительные или как полные погрешности средств измерений в динамическом режиме;
- 4) погрешности, вызываемые ограниченной пространственной разрешающей способностью средств измерений. Например, площадь контакта горячего спая термопары ограничивает возможность измерений температуры в «точке» объекта;
- 5) погрешности, вызываемые взаимодействием средства измерений с объектом измерений или подключаемыми на его вход или выход средствами измерений;

б) погрешности передачи измерительной информации между составными частями средств измерений или измерительных систем.

Кроме рассмотренных в разделах 1.4 и 1.5 составляющих погрешности измерений необходимо иметь в виду возможность возникновения составляющих погрешности измерений, определяемых психофизиологическими свойствами оператора, выполняющего измерения (так называемые субъективные составляющие погрешности). К таким составляющим относят следующие погрешности:

- погрешности считывания значений измеряемой величины со шкал и диаграмм;
- погрешности обработки диаграмм без применения технических средств (при усреднении, суммировании измеренных значений и т.п.);
- погрешности, вызванные воздействием оператора на объект и средства измерений (искажения температурного поля, механические воздействия и т.п.).

1.6 Типичная процедура выбора метода и средств измерений

В ряде технических документов приводят рекомендации по применению средств измерений в некоторых технологических процессах. Так, в машиностроении действует РД 50-98-86 «Выбор универсальных средств измерений линейных размеров до 500 мм» (по применению ГОСТ8.051-81).

Если для разработки конкретных МВИ такие документы отсутствуют, то выбор метода и средств измерений представляет собой многовариантную задачу. Ее рациональное решение соответствует минимальным затратам на измерения, включая затраты на метрологическое обслуживание средств измерений, при условии выполнения заданных требований к МВИ, в том числе требований к точности измерений.

Обычно эту задачу решают итерационным путем. Предварительно выбирают метод и средства измерений, которые могут быть применены в заданных условиях, т.е. метод и средства измерений заведомо удовлетворяют всем заданным требованиям (кроме точности измерений, которая только предполагается удовлетворительной).

После предварительного выбора метода и средств измерений проводят оценивание погрешности измерений.

Если оцененные характеристики погрешности измерений не превышают допускаемых пределов и незначительно меньше этих пределов, то погрешность измерений считают оптимальной и ее характеристики приписывают данной МВИ.

Если оцененные характеристики погрешности измерений существенно меньше допускаемых пределов (например, составляют менее 0,5 предела допускаемых значений), то выбранные метод и средства

измерений нерациональны по экономическим соображениям. В этом случае целесообразно выбрать менее точные метод и средства измерений, если затраты на измерения, включая затраты на метрологическое обслуживание этих средств измерений, существенно меньше, чем в предварительном варианте. Далее проводят новое оценивание погрешности измерений и, если оцененные характеристики погрешности оптимальны, как это указано выше, то выбор метода и средств измерений можно считать законченным.

Если оцененные характеристики погрешности измерений превышают пределы допускаемых значений, то необходимо выбрать более точные метод и средства измерений и произвести оценивание погрешности измерений.

Процесс выбора метода и средств измерений заканчивают, когда оцененные характеристики погрешности измерений оптимальны.

Повышение точности измерений возможно как за счет применения более точных средств измерений, так и за счет применения соответствующих процедур (методов).

Для выбора и реализации таких процедур необходимо выявить и оценить характеристики всех доминирующих составляющих погрешности измерений, в том числе характеристики их систематических и случайных составляющих. Приемы и способы уменьшения систематических и случайных составляющих погрешности измерений существенно отличаются.

Типичный прием уменьшения случайной составляющей заключается в использовании в качестве окончательного результата измерений среднего значения результатов многократных измерений. При этом надо быть уверенным в том, что погрешности результатов многократных измерений были не коррелированы или слабо коррелированы. При таком условии погрешность среднего значения в корень квадратный из n раз меньше погрешности однократного измерения (n - число многократных измерений).

Для пояснения этого условия рассмотрим пример с доминирующей дополнительной погрешностью, вызванной влиянием на погрешность средств измерений отклонений температуры окружающего воздуха. Такие отклонения температуры носят в основном случайный характер, поэтому и дополнительная температурная погрешность средств измерений также может считаться случайной. Однако заметные изменения температуры окружающего воздуха происходят достаточно медленно (в течение суток или нескольких суток). Поэтому дополнительные температурные погрешности каждого результата многократных измерений за короткий интервал не будут заметно отличаться друг от друга, т.е. будут сильно коррелированы. Поэтому дополнительная температурная погрешность среднего значения результатов многократных измерений за короткий интервал не будет существенно меньше погрешности однократного измерений.

Также не даст повышения точности усреднение многократных измерений, если доминируют систематические составляющие погрешности однократных измерений.

Если в общей погрешности измерений доминирует систематическая составляющая погрешности средств измерений, то такая погрешность может быть существенно уменьшена путем индивидуальной градуировки средств измерений.

Другой способ уменьшения доминирующих систематических составляющих погрешности в измерительных системах - использование избыточности измерительной информации. Одним из источников избыточности измерительной информации в измерительных системах являются функциональные связи между измеряемыми параметрами, которые определяются свойствами объекта. Так при измерениях расхода газа на предприятии общий расход газа, поступающего на предприятие, и газа, поступающего в его цеха, достаточно жёстко связаны соотношением

$$Q_{\text{общ}} = \sum Q_i ,$$

где Q_i - расход газа, поступающего в i -й цех.

Вычисленное значение $0,5(Q_{\text{общ}} + \sum Q_i)$ обычно точнее измеренного значения $Q_{\text{общ}}$.

При выборе (разработке) более точных методов и средств измерений целесообразно использовать Рекомендацию МИ 2301-94 «ГСИ. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Методы и способы повышения точности измерений».

1.7 Методы оперативного контроля точности результатов измерений

Оперативный контроль точности результатов измерений включают в МВИ для выявления результатов измерений, погрешность которых заведомо выходит за пределы допускаемых значений. Такой контроль осуществляется непосредственно после выполнения измерений.

Если в результате оперативного контроля имеют место признаки выхода погрешности за пределы допускаемых значений, то результаты таких измерений можно с большой вероятностью считать непригодными по точности (неверными результатами).

Необходимо иметь в виду, что в большинстве случаев при оперативном контроле точности результатов измерений контролируется одна или несколько составляющих погрешности измерений, а не вся погрешность. Поэтому положительные результаты оперативного контроля не могут с большой вероятностью давать основания для признания

удовлетворительной точности результатов измерений. Таким образом методы оперативного контроля позволяют выявить неверные по точности результаты измерений.

1.7.1 Некоторые способы выявления неверных результатов измерений в ИИС и информационных подсистемах АСУ ТП

Наиболее часто используются результаты периодической или внеочередной поверки (калибровки) средств измерений. Такой способ дает возможность проконтролировать только основную погрешность средства измерений.

Если поверка (калибровка) осуществляется с помощью встроенных эталонов в условиях эксплуатации средств измерений, то при этом контролируются погрешность средства измерений (основная и дополнительные). Пределы допускаемых значений погрешности средств измерений в условиях эксплуатации, если они не указаны в эксплуатационных документах, определяются как арифметическая сумма пределов допускаемых значений основной и дополнительных погрешностей.

Приведенные способы контроля точности результатов измерений эффективны при отсутствии методических составляющих погрешности измерений.

В измерительных системах (ИС) и информационных подсистемах АСУ ТП могут быть использованы функциональные связи между измеряемыми параметрами, которые определяются свойствами объекта контроля и управления.

Так в системе трубопроводов общий расход продукта на входе системы равен сумме расходов на входах ее составных частей. Превышение небаланса расходов некоторого установленного значения может служить признаком неверных результатов измерений расхода на входе системы или ее составной части.

Другим примером использования функциональных связей для оперативного контроля точности результатов измерений в ИС могут служить так называемые расходные коэффициенты (установленные нормативы отношения количества продукта на выходе объекта к расходу сырья, материалов, топлива, энергии и т.п. величин на его «входе»).

Если при нормальном протекании технологического процесса, что фиксируется по показаниям средств измерений основных параметров объекта, какой-либо расходный коэффициент превышает нормативное значение, то можно с большой вероятностью считать неверными результатами измерений величин, по которым вычисляется данный расходный коэффициент.

Аналогично могут быть использованы другие функциональные связи параметров контролируемого объекта для выявления неверных

результатов измерений. Например, функциональная связь давления и температуры газа в замкнутом объеме.

В качестве признаков, по которым можно судить о появлении неверных результатов измерений, в некоторых ИС используются следующие:

- выход результатов измерений за физически возможные пределы значений измеряемых величин, присущие контролируемому объекту;
- превышение скорости изменения результатов измерений за физически возможные пределы значений скорости изменения измеряемых величин, присущие контролируемому объекту (его инерционности).

С помощью указанных последних двух способов оперативного контроля точности результатов измерений проверяются как инструментальные, так и методические составляющие погрешности измерений, а в некоторых случаях и личностные составляющие погрешности измерений.

1.7.2 Оперативный контроль точности результатов измерений в методиках количественного химического анализа (МКХА)

В МКХА достаточно широко применяют внутренний оперативный контроль сходимости, воспроизводимости и точности для принятия оперативных мер, когда погрешность контрольных измерений (ее составляющих) не соответствует установленным требованиям.

Выводы по результатам внутреннего оперативного контроля отдельной контрольной процедуры могут быть распространены на результаты количественного химического анализа других проб, если эти результаты получены в одной серии с контрольными измерениями или за период, в течение которого условия проведения рабочих и контрольных измерений одинаковы (неизменные реактивы и т.п.).

В зависимости от информации о характеристиках погрешности измерений и ее составляющих устанавливают нормативы контроля - численные значения пределов погрешности измерений, ее составляющих или частей этих составляющих, которые являются критериями для признания характеристики погрешности соответствующей либо несоответствующей установленным требованиям к МКХА.

Рекомендации по установлению численных значений нормативов контроля приводятся в МИ 2335-95 «ГСИ. Контроль качества результатов количественного химического анализа».

При осуществлении контроля точности результатов количественного химического анализа применяют следующие средства контроля:

- стандартные образцы и аттестованные смеси;
- рабочие пробы с известной добавкой определяемого компонента;
- рабочие пробы, разбавленные в определенном отношении;

- рабочие пробы, разбавленные в определенном отношении с известной добавкой определяемого компонента;
- другие МКХА с установленными характеристиками погрешности измерений;
- рабочие пробы.

Внутренний оперативный контроль осуществляют на основе результатов контрольных измерений, выполненных для отдельной контрольной процедуры, регламентированной в МКХА (анализ стандартного образца или аттестованной смеси; основной и повторный анализы рабочей пробы; анализы пробы разными методами; анализы рабочей пробы и рабочей пробы с добавкой; анализы рабочей пробы, разбавленной рабочей пробы и разбавленной рабочей пробы с добавкой; анализы рабочей пробы и разбавленной рабочей пробы).

Так, если заранее известно, что доминирует случайная составляющая погрешности результатов количественного химического анализа, рационально контролировать сходимость результатов. Если доминирует систематическая составляющая, то приходится контролировать погрешность измерений с помощью стандартных образцов или аттестованных смесей либо с помощью других МКХА с известной погрешностью измерений.

Кроме внутреннего оперативного контроля применяется внутренний статистический контроль - выборочный статистический контроль воспроизводимости, правильности и точности для оценивания реального качества количественного химического анализа рабочих проб за контролируемый период.

Процедуры и условия внутреннего статистического контроля приведены в МИ 2335-95 «ГСИ. Контроль качества результатов количественного химического анализа».

1.8 Вопросы для самоконтроля

1 Каково одно из основных требований при разработке МВИ?

- а) пределы измерений;
- б) погрешность измерений.

2 Правильно ли решение продолжать разработку МВИ, если предел погрешности измерений Δ_{np} и предел допускаемых значений Δ_{don} находится в приведенных соотношениях?

- а) $\Delta_{np} > \Delta_{don}$;
- б) $\Delta_{np} = 0,8 \Delta_{don}$;
- в) $\Delta_{np} = 0,6 \Delta_{don}$.

3 Какой способ лучше применить для оперативного контроля точности измерений расхода природного газа в системе трубопроводов предприятия?

а) использование функциональной связи расходов в системе трубопроводов;

б) применение более точных средств измерений расхода газа

4 Какие составляющие (источники) погрешности измерений относятся к методическим?

а) вызванные мешающими влияниями факторов пробы;

б) Взаимодействие средств измерений с объектом;

в) неточность алгоритма вычислений.

5 На какие МВИ распространяются положения ГОСТ Р 8.563-96?

а) на вновь разрабатываемые и пересматриваемые МВИ;

б) на все МВИ, в том числе разработанные до 1 июля 1997 г.

6 Какую характеристику погрешности предпочтительно проверять при оперативном контроле точности, если известно, что доминирует случайная составляющая погрешности измерений?

а) погрешность измерений;

б) сходимость.

7 На какие МВИ не распространяются положения ГОСТ Р 8.563-97?

а) на методики количественного химического анализа; на МВИ, изложенные в технических условиях на продукцию;

б) на МВИ, по которым характеристики погрешности измерений определяют в процессе или после выполнения измерений.

8 Какой способ даст эффект повышения точности измерений, если доминирует дополнительная погрешность, вызванная отклонением температуры окружающего воздуха от нормального значения?

а) исследование дополнительной температурной погрешности и введение соответствующих поправок

б) усреднение результатов многократных измерений за интервал 10-30 минут.

2 Оценивание погрешности измерений

2.1 Общие положения

Необходимо иметь в виду, что любой результат измерений сопровождается (отягощен) погрешностью измерений, т.к. измерения - это познавательный процесс и его результат является относительной истиной.

Погрешность измерений наиболее часто выражается одним из следующих способов:

- границами, в пределах которых с вероятностью P находится погрешность измерений;
- средним квадратическим отклонением (СКО) погрешности измерений.

В ряде случаев погрешность измерений выражают характеристиками систематической и случайной составляющих:

- границами, в пределах которых с вероятностью P находится неисключенная систематическая составляющая погрешности измерений или СКО неисключенной систематической составляющей погрешности измерений;
- СКО случайной составляющей погрешности измерений.

В зависимости от использования и способа получения погрешность измерений может быть указана в следующем виде:

1) нормы погрешности измерений или нормы точности измерений (требований к погрешности измерений). Требования к погрешности измерений обычно выражаются следующим образом: «Погрешность измерений не должна выходить за границы $+A$; $-B$ с вероятностью P » или «СКО погрешности измерений не должно превышать D ».

Если заданная вероятность $P = 1$ и границы A и B по модулю равны, то требования к погрешности измерений указываются следующим образом: «Предел допускаемых значений погрешности измерений A ».

Границы A и B могут указываться в виде абсолютных значений (в единицах измеряемой величины) или относительных значений (в % от значения измеряемой величины). Нормы погрешности измерений указываются в техническом задании на разработку методики выполнения измерений (МВИ), в технических условиях в качестве требований к точности измерений при контроле и испытаниях продукции и в других нормативных документах;

2) приписанная установленная характеристика погрешности измерений – установленная характеристика погрешности любого результата совокупности измерений, полученного при соблюдении требований и правил данной методики с учетом МИ 1317—86 «ГСИ. Результаты измерений и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров».

В ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002 — ГОСТ Р ИСО 5725-6-2002 содержатся процедуры установления приписанных характеристик составляющих погрешности (случайной и систематической) МВИ и результатов измерений. Приписанные (установленные) характеристики составляющих погрешности представляются в документах на МВИ с указанием совокупности условий, для которых эти характеристики приняты. Суммарную погрешность измерений в этих случаях при необходимости устанавливают расчетным путем.

Если норма погрешности измерений выражается «погрешность измерений НЕ ДОЛЖНА ПРЕВЫШАТЬ», то приписанная характеристика выражается «погрешность измерений НЕ ПРЕВЫШАЕТ...».

Приписанные значения и статистические оценки погрешности не следует смешивать с нормами точности измерений, т.к. методы их установления и использование различны;

3) статистическая оценка характеристики погрешности измерений отражает близость уже полученного результата (результатов) измерений к истинному значению измеряемой величины. Таким образом статистические оценки справедливы только для тех условий, в которых выполнялся эксперимент или расчетно-экспериментальная процедура.

Обычно статистическая оценка погрешности измерений выражается оценками нижней и верхней границ (доверительным интервалом), в пределах которых с доверительной вероятностью $P_{\text{дов}}$ находится погрешность измерений.

Статистическая оценка характеристики погрешности измерений обычно приводится в отчете об исследованиях, в процессе выполнения которых используют разработанные для данных исследований специальные измерительные процедуры или не аттестованные МВИ, в отчете о некоторых метрологических НИР.

Нормы, приписанные характеристики и статистические оценки погрешности измерений выражаются не более чем двумя значащими цифрами.

Необходимо учитывать, что при косвенных измерениях в составе погрешности измерений имеют место методические составляющие. Типичные источники и составляющие методической погрешности приведены в разделе 1.4 настоящих методических указаний. Кроме того, в состав погрешности измерений может входить личностная составляющая погрешности при «ручной» обработке результатов регистрации на диаграммах самопишущих приборов и имеющих место подобных причин.

2.2 Исходные данные для оценивания погрешности измерений

Для оценивания погрешности измерений обычно необходимы четыре группы исходных данных: об измеряемой величине, о

метрологических характеристиках используемых средств измерений и об условиях эксплуатации средств измерений (о внешних влияющих величинах).

Исходная информация об измеряемой величине должна включать:

- диапазон измерений, номинальное (среднее) значение либо значение, для которого оценивается погрешность измерений;

при измерении средних или интегральных (суммарных) значений дополнительно:

- число точек «отбора» информации об измеряемой величине, их распределение в пространстве, интервал времени усреднения или интегрирования (суммирования);

- частотные характеристики для быстро меняющихся измеряемых величин (сравнительно с инерционностью используемых средств измерений).

Метрологические характеристики средств измерений:

- пределы допускаемых значений основной погрешности;

- пределы допускаемых значений дополнительных погрешностей при наибольших отклонениях внешних влияющих величин от нормальных значений либо максимально допускаемые значения коэффициентов влияния;

- некоторые частные динамические характеристики (чаще всего время установления показаний или выходного сигнала при скачке на входе);

- сведения о характеристиках вспомогательных устройств, которые могут оказать существенное влияние на погрешность измерений (например, отклонения от номинальных значений термо-ЭДС удлиняющих термокомпенсационных проводов для термопар, сопротивление соединительных проводов для термометров сопротивления и др.).

Сведения об условиях эксплуатации средств измерений должны включать нормальные (номинальные) значения характеристик внешних влияющих величин и границы возможных отклонений от этих значений в процессе эксплуатации.

Для анализа размеров методических составляющих погрешности измерений необходимы сведения о возможных источниках этих составляющих из литературных источников или результатов специальных исследований, если они проводились до разработки данной МВИ.

2.3 Выбор расчетной, экспериментальной или расчетно-экспериментальной процедуры оценивания погрешности измерений

Расчетные методы оценивания погрешности измерений используют в тех случаях, когда нет условий для применения экспериментальных методов. Кроме того, расчетные методы оценивания погрешности

измерений предпочтительны при наличии исходной информации, достаточной для получения результатов расчета с необходимой точностью.

Чем полнее и конкретнее исходные данные, тем точнее результаты расчета погрешности измерений, тем ближе полученные при расчете характеристики погрешности измерений к действительным характеристикам. Корректные методы расчета погрешности измерений требуют подробной исходной информации о характеристиках случайных и систематических составляющих погрешностей средств измерений и вспомогательных устройств, о частотных спектрах измеряемой и внешних влияющих величин. Такими сведениями в большинстве случаев те, кто аттестуют МВИ, не располагают. Ограниченная исходная информация приводит к определенной неточности результатов расчета погрешности измерений.

К расчетным методам оценивания погрешности измерений относят и имитационное моделирование нестабильности метрологических характеристик средств измерений, влияния внешних факторов и динамики изменений измеряемой величины на погрешность измерений.

Расчет погрешности измерений расходов жидкостей и газов, измеряемых с помощью стандартных или специальных сужающих устройств, выполняют в соответствии с ГОСТ 8.563.2-97 «ГСИ. Измерение расхода и количества жидкостей и газов методом переменного перепада давления. Методика выполнения измерений с помощью сужающих устройств».

Экспериментальные методы оценивания погрешности измерений могут быть применены при выполнении следующих условий:

- имеются средства измерений контролируемой величины с погрешностью, которую можно считать несущественной в реальных условиях эксперимента по оцениванию погрешности измерений;
- имеется возможность создать все существенные комбинации внешних влияющих величин и значений самой измеряемой величины, характерные для разрабатываемой МВИ.

В результате эксперимента получают статистические оценки погрешности измерений или ее составляющих, относящиеся к конкретным объекту измерений, экземплярам средств измерений, значениям внешних влияющих величин и т.п. Чтобы получить приписанные значения характеристик погрешности измерений, экспериментальные исследования погрешности необходимо осуществлять на представительной выборке объектов, средств и условий измерений.

Обычно прямое экспериментальное оценивание погрешности измерений в реальных (производственных) условиях измерений практически весьма затруднено из-за недоступности точки отбора информации об измеряемой величине, недоступности входа датчика (например, термопары, сужающего устройства в трубопроводе и т.п.), отсутствия средств измерений необходимой точности, способных работать в производственных условиях, и других ограничений. В производственных

условиях экспериментальным способом можно оценить погрешность лишь части измерительного канала, т.е. некоторые составляющие погрешности измерений.

Необходимо также иметь в виду, что экспериментальное оценивание погрешности измерений и ее составляющих дает также приближенные результаты из-за невозможности полностью выполнить приведенные выше условия.

Наиболее рациональной процедурой оценивания погрешности измерений при разработке большинства МВИ является расчетно-экспериментальная процедура.

Эта процедура заключается в расчетном или экспериментальном оценивании составляющих погрешности измерений и дальнейшем расчетном суммировании этих составляющих. Экспериментальными методами оцениваются те составляющие погрешности измерений, для которых могут быть выполнены указанные выше условия.

2.4 Типичные процедуры оценивания погрешности измерений

Оценивание погрешности измерений начинают с анализа возможных источников и составляющих погрешности измерений. Типичные источники и составляющие погрешности измерений приведены в разделе 1.4. Следует обратить внимание на возможность наличия методических составляющих погрешности при косвенных методах измерений.

Целесообразно определить, относится ли измеряемая величина к наиболее важной, т.к. погрешность измерения таких величин необходимо оценивать более тщательно.

К наиболее важным относятся:

а) измеряемые величины, важные для безопасности, а также связанные с обеспечением взаимных расчетов (товарно-коммерческие) и определением важнейших технико-экономических показателей;

б) измеряемые величины, связанные с оптимизацией режимов технологических процессов и координацией потоков сырья или энергии, когда не оптимальность этих величин может привести к значительным потерям.

В ряде случаев используются некоторые способы уменьшения погрешности измерений. При аттестации МВИ необходимо проанализировать корректность применяемых методов снижения погрешности измерений.

Одним из типичных способов уменьшения погрешности измерений является внесение в результаты измерений поправок, если систематическая составляющая погрешности существенна и незначительно изменяется в течение интервала времени действия поправки.

Например, при измерениях температуры с помощью термодатчиков их погрешности составляют основную часть погрешности измерений. Погрешности термодатчиков после года их эксплуатации изменяются очень медленно. Поэтому для повышения точности в результаты измерений могут вводиться поправки на отклонения характеристик конкретных термодатчиков от номинальных значений. Эти поправки могут быть получены при периодических поверках (калибровках) термодатчиков. Такой способ уменьшения погрешности измерений можно признать корректным и эффективным.

Другим способом уменьшения погрешности измерений является усреднение результатов многократных измерений. Этот способ применяют при существенной и относительно высокочастотной случайной составляющей погрешности измерений. При этом необходимо убедиться, что погрешности результатов однократных измерений независимы или слабо коррелировали.

Типичная процедура расчетного оценивания погрешности измерений схематически показана на рисунке 2.

Эта процедура состоит из следующих основных блоков.

2.4.1 Расчет составляющих погрешности измерений

Расчет составляющих погрешности измерений выполняется на основе исходной информации для заданных значений измеряемой величины либо для номинальных или средних ее значений.

Результаты расчета целесообразно выражать в виде границ составляющих относительной погрешности. Если заданное или номинальное (среднее) значение измеряемой величины равно или близко к нулю, то рассчитываются границы составляющих абсолютной погрешности в единицах измеряемой величины.

Если метрологические характеристики средств измерений нормированы в виде основных и дополнительных погрешностей, то расчет границ инструментальных составляющих (кроме динамических) погрешности измерений выполняется следующим образом:

а) оценка границы i -ой составляющей относительной погрешности измерений, вызываемой основной погрешностью i -го средства измерений:

$$\bar{\delta}_i = \delta_{oi} = \frac{\Delta_{oi}}{X_{ном}} \cdot 100 = \gamma_{oi} \frac{X_v - X_n}{X_{ном}},$$

где δ_{oi} - предел допускаемых значений относительной основной погрешности i -го средства измерений;

Δ_{oi} - то же для абсолютной основной погрешности;

γ_{oi} - то же для приведенной основной погрешности, нормированной от разности пределов измерений;

$X_{ном}$ - заданное или номинальное (среднее) значение измеряемой величины, для которого рассчитывается погрешность измерений;

X_v, X_n - верхний и нижний пределы измерений i -го средства измерений (в тех же единицах, что и $X_{ном}$).

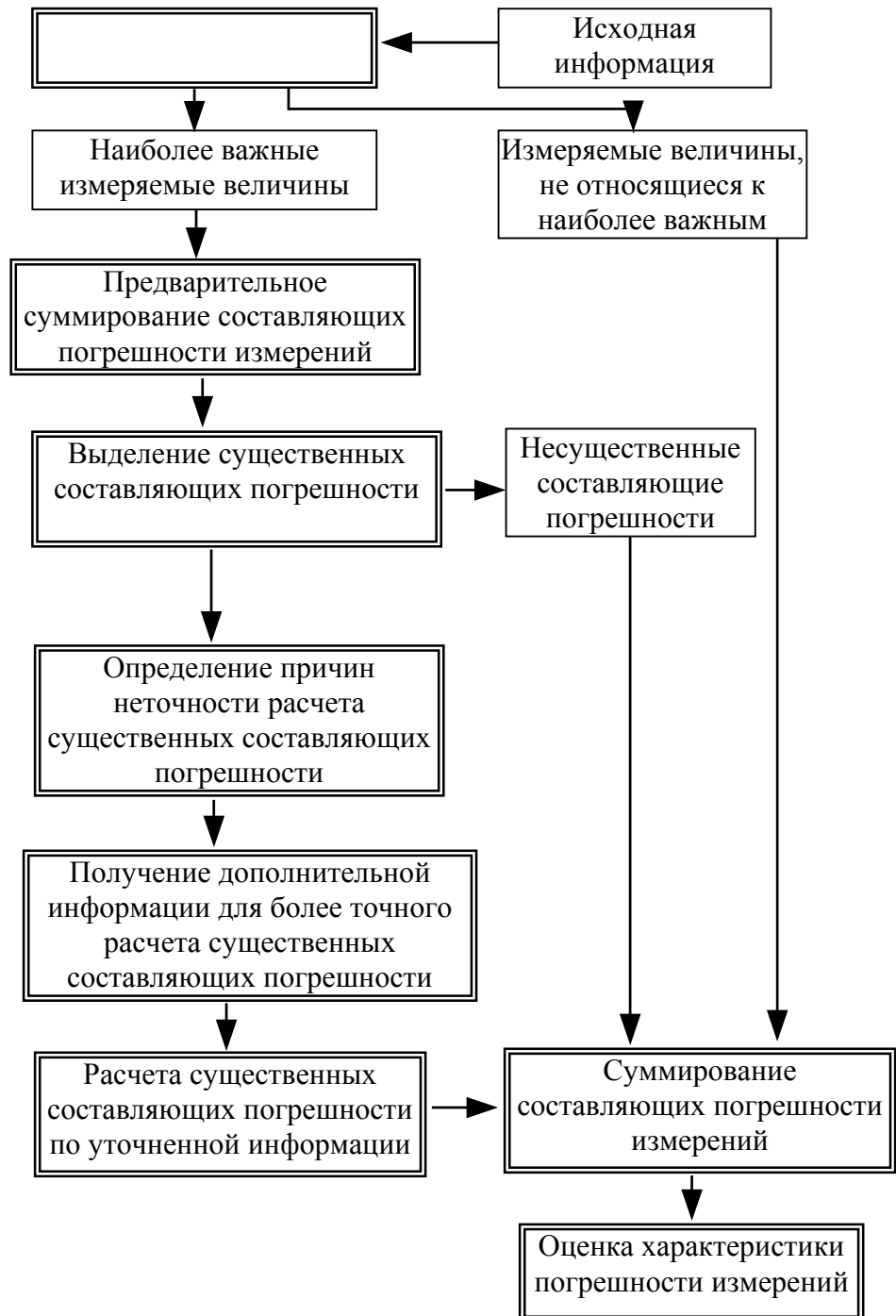


Рисунок 2 - Процедура расчетного оценивания погрешности измерений

Если δ_{oi} нормирован для верхнего предела измерений, то $X_n = 0$;

б) оценка границы составляющей относительной погрешности, вызываемой j -ой внешней влияющей величиной, при нормировании

пределов допускаемых значений относительной $\delta_{\partial ij}$ абсолютной $\Delta_{\partial ij}$, приведенной $\gamma_{\partial ij}$ i -ой дополнительной погрешности при наибольших отклонениях j -ой внешней влияющей величины от нормального значения:

$$\bar{\delta}_{ij} = \delta_{\partial ij} = \frac{\Delta_{\partial ij}}{X_{ном}} 100 = \gamma_{\partial ij} \frac{X_{в} - X_{н}}{X_{ном}}.$$

При нормировании пределов допускаемых значений коэффициентов влияния:

$$\bar{\delta}_{ij} = \frac{\delta_{\partial ij}}{\Delta_j} \Delta_{jm} = \frac{\Delta_{\partial ij}}{\Delta_j} \Delta_{jm} \frac{100}{X_{ном}} = \frac{\gamma_{\partial ij}}{\Delta_j} \Delta_{jm} \frac{X_{в} - X_{н}}{X_{ном}},$$

где $\frac{\delta_{\partial ij}}{\Delta_j}$ - предел допускаемых относительных значений коэффициента влияния ($\delta_{\partial ij}$ - предел допускаемых значений дополнительной относительной погрешности при отклонении j -ой влияющей величины на Δ_j);

$\frac{\Delta_{\partial ij}}{\Delta_j}$ - то же для абсолютных значений коэффициента влияния;

$\frac{\gamma_{\partial ij}}{\Delta_j}$ - то же для приведенных значений коэффициента влияния,

нормированного от разности пределов измерений;

Δ_{jm} - наибольшее отклонение внешней влияющей величины от нормального значения (в единицах Δ_j);

Если $\gamma_{\partial ij}$ нормирован от верхнего предела измерений, то $X_{н} = 0$.

Если в составе метрологических характеристик средств измерений нормированы характеристики случайных и систематических составляющих погрешности, то расчет составляющих погрешности измерений выполняется согласно Методических указаний РД 50-453-84 «Характеристики погрешности средств измерений в реальных условиях эксплуатации. Методы расчета».

Оценивание динамических составляющих погрешности измерений может быть выполнено в соответствии с РД 50-453-84 по динамическим характеристикам средств измерений, определенных по Рекомендации МИ 2090-90 «ГСИ. Определение динамических характеристик линейных аналоговых средств измерений с сосредоточенными параметрами. Общие положения».

Методические составляющие погрешности измерений определяются из литературных источников, результатов специальных исследований, анализа условий, процедуры измерений и алгоритма расчета конечного результата измерений.

2.4.2 Предварительное суммирование составляющих погрешности измерений

При последовательном (одноканальном) соединении средств измерений и вспомогательных устройств оценка границы относительной погрешности ИК вычисляется следующим образом:

$$\bar{\delta}_c = \kappa \sqrt{\sum \bar{\delta}_i^2},$$

где $\bar{\delta}_i$ - оценка границы i -ой составляющей относительной погрешности измерений (см. выше), а также методической составляющей погрешности;

$\kappa = 1$ для оценок границ погрешности измерений величин, не относящихся к наиболее важным;

$\kappa = 1,2$ для оценок границ погрешности наиболее важных измеряемых величин.

При измерениях особо ответственных величин, оценка границы относительной погрешности измерений может быть получена арифметическим суммированием оценок границ составляющих:

$$\bar{\delta}_c = \sum [\bar{\delta}_i],$$

при этом необходимо иметь в виду, что получаемая оценка $\bar{\delta}_c$ существенно завышена.

При соединении средств измерений и вспомогательных устройств в соответствии с рисунком 3 оценка границы относительной погрешности при измерении средних значений величин $X_1, X_2, X_i \dots$ вычисляется следующим образом:

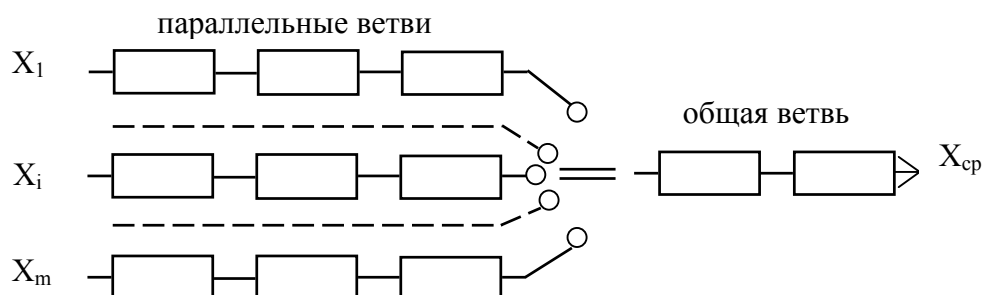


Рисунок 3 – Схема соединений средств измерений и вспомогательных устройств

$$\bar{\delta}_c = \kappa \sqrt{\frac{\sum \bar{\delta}_i^2}{m} + \sum \bar{\delta}_j^2},$$

где m - число однотипных параллельных ветвей (точек измерений);

$\bar{\delta}_i$ - оценка границы i -ой составляющей относительной погрешности параллельной ветви измерительной схемы из числа r составляющих погрешности параллельной ветви (вычисляется как указано выше);

$\bar{\delta}_j$ - оценка границы j -ой составляющей относительной погрешности общей ветви измерительной схемы из числа p составляющих погрешности общей ветви (вычисляется как указано выше).

При определении суммарного расхода в нескольких трубопроводах, измеренных в каждом трубопроводе, оценка границы относительной погрешности определения суммарного расхода вычисляется следующим образом:

$$\bar{\delta}_c = \frac{1}{\sum X_s} \sqrt{\sum (X_s \times \bar{\delta}_s)^2},$$

где $\bar{\delta}_s$ - оценка границы относительной погрешности измерений расхода в s -м трубопроводе;

X_s - среднее значение расхода в s -м трубопроводе или значение расхода в этом трубопроводе, для которого рассчитывается погрешность измерений суммарного расхода.

При определении разности двух измеряемых величин оценка границы относительной погрешности разности результатов измерений этих величин вычисляется следующим образом:

$$\bar{\delta}_p = \frac{1}{[X_{1ном} - X_{2ном}]} \sqrt{(X_1 \times \bar{\delta}_1)^2 + (X_2 \times \bar{\delta}_2)^2},$$

где $[X_{1ном} - X_{2ном}]$ - абсолютное значение (модуль) разности номинальных значений $X_{1ном}$ первой и $X_{2ном}$ второй измеряемых величин, для которого рассчитывается оценка относительной погрешности их разности;

$\bar{\delta}_1$ и $\bar{\delta}_2$ - оценки границ относительных погрешностей измерений первой и второй измеряемых величин.

При близости $X_{1ном}$ и $X_{2ном}$ целесообразно вычислять оценку границы абсолютной погрешности разности результатов измерений величин X_1 и X_2 :

$$\bar{\Delta}_p = \sqrt{\bar{\Delta}_1^2 + \bar{\Delta}_2^2},$$

где $\bar{\Delta}_1$ и $\bar{\Delta}_2$ - оценки границ абсолютных погрешностей измерений первой и второй величин.

2.4.3 Выделение существенных (доминирующих) составляющих погрешности измерений

Составляющая принимается существенной (доминирующей), если квадрат значения ее границы больше 20 % квадрата значения границы погрешности измерений (при квадратичном суммировании составляющих).

Уровень существенности составляющей погрешности измерений при арифметическом суммировании - 30 %.

Для конкретной МВИ уровень существенности составляющей погрешности измерений может быть установлен другим в зависимости от значимости измеряемой величины.

2.4.4 Определение причин неточности расчета и получение дополнительной исходной информации для более точного расчета (существенных (доминирующих) составляющих погрешности измерений).

Для существенных (доминирующих) составляющих погрешности измерений наиболее важных измеряемых величин, которые не могут быть оценены экспериментально, необходимо: выявить причины неточности расчета оценки границ составляющих погрешности из-за неполноты исходной информации и принятых в этой связи допущений, получить дополнительную информацию и выполнить новый расчет.

Например, при расчете составляющей погрешности измерений, вызванной отклонениями от нормального значения температуры воздуха, окружающего датчики, установленные вне помещения, приняты граничные значения диапазона температуры от минус 40 до плюс 30 °С (согласно таблицы 4 ГОСТ 16350-80 /6/ для холодного климатического района). Дополнительный анализ результатов наблюдений гидрометеослужбы по данной местности, где установлены датчики, показал, что граничные значения диапазона температуры воздуха составляют от минус 25 до плюс 25 °С. Эти значения необходимо использовать при окончательном расчете составляющей погрешности измерений, вызванной отклонениями от нормального значения температуры воздуха.

2.4.5 Расчет составляющих погрешности измерений по уточненной исходной информации

Если уточненная исходная информация не содержит сведений о характеристиках случайных и систематических составляющих погрешности измерений, то расчет границ инструментальных составляющих выполняется по приведенным выше формулам с использованием уточненных значений пределов допускаемых значений основных и дополнительных погрешностей и других метрологических характеристик средств измерений, пределов изменений влияющих величин, номинальных (средних) значений измеряемой величины.

Если уточненная исходная информация содержит сведения о границах неисключенных систематических составляющих и средних квадратических отклонениях (СКО) случайных составляющих погрешности измерений, то расчет составляющих погрешности измерений выполняется следующим образом:

$$\overline{\delta}_i = \sqrt{(2\overline{\sigma}_i)^2 + \overline{\sigma}_{nci}^2},$$

где $\overline{\sigma}_i$ - оценка СКО i -ой составляющей относительной погрешности измерений;

$\overline{\delta}_{nci}$ - оценка границы неисключенной систематической составляющей погрешности измерений.

2.4.6 Суммирование составляющих погрешности измерений

Если определены лишь границы составляющих погрешности измерений (без разделения на случайные и систематические составляющие), то суммирование составляющих выполняется, как указано выше.

Если определены границы неисключенных систематических составляющих и средних квадратических отклонений (СКО) случайных составляющих погрешности измерений, то расчет оценки границы суммарной относительной погрешности измерений выполняется следующим образом:

$$\overline{\delta}_c = \sqrt{\sum (2\overline{\sigma}_i)^2 + \sum \overline{\delta}_{nci}^2}.$$

Коэффициент 2 перед $\overline{\sigma}_i$ соответствует доверительной вероятности 0,95 при условии, что функция распределения случайной составляющей суммарной погрешности измерений одномодальна и симметрична (это условие практически выполняется в большинстве случаев).

2.4.7 Экспериментальное оценивание составляющих погрешности измерений

К экспериментальному оцениванию погрешности измерений или ее составляющих приходится прибегать, если граница погрешности измерений, оцененная расчетным способом, близка к пределу допустимых значений (к норме погрешности измерений).

Экспериментальное оценивание целесообразно для существенных (доминирующих) составляющих погрешности измерений. Такое оценивание возможно при условиях, указанных в разделе 2.3 настоящих методических указаниях.

2.4.8 Особенности экспериментального оценивания погрешности измерений по методикам количественного химического анализа (МКХА)

Погрешность измерений по МКХА оценивают для всего диапазона определяемого компонента, с учетом разбавления или концентрирования для всех диапазонов сопутствующих компонентов и значений свойств объекта (далее - влияющие факторы пробы), а также условий выполнения

количественного химического анализа, указываемых в документе на МКХА.

Систематическая составляющая погрешности измерений может быть оценена одним из следующих способов:

- применением набора образцов с известными характеристиками и их погрешностями (далее - образцов), составленного с учетом указанных в МКХА предельных значений содержаний определяемого компонента и влияющих факторов пробы;

- применением метода варьирования навесок или разбавления проб в сочетании с методом одно- и многократных добавок определяемого и сопутствующих компонентов;

- применением другой МКХА с известными (оцененными) характеристиками погрешности измерений;

- суммированием численных значений составляющих систематической погрешности измерений расчетным способом.

Общий химический состав набора образцов должен соответствовать области применения МКХА.

Содержание определяемого компонента и уровни влияющих факторов проб, охватываемые образцами набора, подбирают в соответствии с планом эксперимента (однофакторного или многофакторного).

Способ с применением метода варьирования навесок или разбавления пробы в сочетании с методом одно- и многократных добавок определяемого и сопутствующих компонентов позволяет оценивать вклады в систематическую составляющую погрешности измерений каждым сопутствующим компонентом пробы и приписывать МКХА значения систематической составляющей погрешности измерений с учетом всех регламентированных диапазонов варьирования сопутствующих компонентов пробы.

Способ обычно неприменим в случаях, когда пробы анализируют без предварительного растворения, сплавления или измельчения.

Использование способа с методом многократных добавок только определяемого компонента допустимо, если на стадии предварительных исследований или по априорным данным установлена незначительность вкладов в погрешность измерений влиянием сопутствующих компонентов.

Метод сравнения с МКХА, характеризующейся известными (оцененными) характеристиками погрешности измерений (МКХА сравнения), применяется при следующих условиях:

- область применения МКХА сравнения совпадает или перекрывает область применения МКХА, погрешность которой оценивается;

- погрешность измерений по МКХА сравнения не превышает погрешности, указанной в требованиях к исследуемой МКХА;

- систематическая составляющая погрешности измерений незначительна по сравнению со случайной составляющей.

Случайная составляющая погрешности измерений может быть установлена одним из следующих способов:

- на основе межлабораторного эксперимента, состоящего в проведении анализов одних и тех же проб или образцов, отвечающих области применения МКХА, при случайных вариациях влияющих факторов методики в регламентированных пределах (результаты анализа получают в разное время, различными операторами с использованием различных партий реактивов, различных экземпляров средств измерений, мерной посуды и образцов для градуировки и т.п.);

- на основе внутрилабораторного эксперимента, состоящего в проведении анализов одних и тех же проб или образцов, отвечающих области применения МКХА, при фиксированных значениях учитываемых влияющих факторов методики в регламентированных пределах.

Для МКХА, используемых на нескольких предприятиях, способ на основе межлабораторного эксперимента предпочтителен.

2.5 Неточность оценок погрешности измерений

Неточности оценок погрешности измерений и ее составляющих обычно вызваны ограниченной исходной информацией и принятыми в этой связи допущениями, а также условиями эксперимента, которые не в полной мере удовлетворяют требованиям необходимой точности получаемых оценок. Результат оценивания погрешности измерений является результатом познавательного процесса. По этой причине невозможно экспериментальным или расчетным способом получить истинные характеристики погрешности измерений.

При расчетном оценивании погрешности измерений обычно отсутствует полная исходная информация, в результате чего принимают следующие основные допущения:

- отсутствует или незначительна корреляция между составляющими погрешности измерений;

- функция распределения внешних влияющих величин равномерная или нормальная;

- погрешности измерений текущих значений в интервале их усреднения некоррелированы (относительно высокочастотная погрешность) или сильно коррелированы (практически неизменная погрешность);

- инерционные свойства средств измерений не оказывают существенного влияния на погрешность измерений;

- при отсутствии сведений о виде функции влияния ее принимают линейной.

При экспериментальных процедурах оценивания погрешности измерений принимают следующие основные допущения:

- случайная составляющая погрешности измерений считается высокочастотной и ее конкретные значения, полученные в течение времени эксперимента, считаются некоррелированными, а вычисленную на основе такого эксперимента оценку СКО погрешности измерений приписывают значительно большим интервалам времени;
- оценку систематической составляющей погрешности измерений, полученную в течение времени эксперимента, приписывают значительно большим интервалам времени;
- комбинацию значений внешних влияющих величин и факторов во время эксперимента считают типичной или наихудшей (для погрешности измерений) в реальных условиях измерений;
- погрешности эталонов принимаются несущественными.

Ориентировочные расчеты неточности (погрешности) оценок погрешности измерений и ее составляющих, а также условия удовлетворительной точности таких оценок приведены в Рекомендации МИ 2232-92 «ГСИ. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Оценивание погрешности измерений при ограниченной исходной информации».

К расчетам неточности (погрешности) оценок погрешности измерений и ее составляющих целесообразно прибегать в случаях, когда граница погрешности измерений, оцененная расчетным или экспериментальным способом, близка к пределу допускаемых значений (к норме погрешности измерений), при этом такие расчеты выполняют для наиболее существенных (доминирующих) составляющих погрешности измерений.

Точность экспериментального оценивания существенных составляющих погрешности измерений может быть признана удовлетворительной, если погрешность оценки не превышает 30 % от самой оценки.

Если точность оценки границы погрешности измерений признается удовлетворительной, то такая оценка используется по своему назначению, в том числе для решения вопроса о соответствии значения измеряемой величины предъявляемым требованиям.

Если точность оценки границы погрешности измерений признается неудовлетворительной, то необходимо получить дополнительную информацию для более точного расчета существенных составляющих либо выполнить более точное их экспериментальное оценивание.

2.6 Вопросы для самоконтроля

1 Нужно ли для всех составляющих погрешности измерений выявлять причины неточности расчета и получать дополнительную исходную информацию?

- а) да;
- б) нет.

2 Можно ли получить результат измерений без погрешности?

- а) нет;
- б) да.

3 Можно ли в результате оценивания погрешности измерений получить истинные характеристики погрешности измерений?

- а) да;
- б) нет.

4 К каким методам оценивания погрешности измерений относится имитационное моделирование?

- а) экспериментальный;
- б) расчетный.

5 Какой способ оценивания погрешности измерений дает наилучшие результаты в производственных условиях?

- а) экспериментальный;
- б) расчетный;
- в) расчетно-экспериментальный.

6 При каком соотношении предела составляющей погрешности δ_{oij} , и предела погрешности измерений Δ целесообразно экспериментальное оценивание Δ_i ?

- а) $\Delta_i / \Delta < 0,1$;
- б) $\Delta_i / \Delta > 0,4$;
- в) $\Delta_i / \Delta < 0,2$.

7 Может ли статистическая оценка погрешности измерений указываться в документе на методику выполнения измерений?

- а) да;
- б) нет.

8 Какая формула справедлива для расчета границы составляющей относительной погрешности измерений по нормированной приведенной погрешности средства измерений?

$$\text{а) } \delta_i = \gamma_{\partial ij} \frac{X_{\text{в}} - X_{\text{н}}}{X_{\text{ном}}} 100;$$

$$\text{б) } \delta_i = \frac{\gamma_{\partial ij}}{X_{\text{ном}}} 100;$$

где $\gamma_{\partial ij}$ - предел допускаемых значений i -ой составляющей приведенной погрешности j -го средства измерений;

$X_{\text{ном}}$ - номинальное или среднее значение измеряемой величины, для которого рассчитывается предел составляющей относительной погрешности измерений;

$X_{\text{в}}, X_{\text{н}}$ - верхний и нижний пределы измерений 1-го средства измерений.

9 Укажите целесообразный способ повышения точности измерений температуры с помощью термомпар.

- а) усреднение результатов многократных измерений;
- б) внесение поправок на систематическую погрешность.

10 Какую погрешность нужно оценивать, если заданное (номинальное, среднее) значение измеряемой величины близко к 0?

- а) относительную;
- б) абсолютную.

11 Каким способом указывается в документе норма погрешности (норма точности) измерений?

- а) погрешность измерений не выходит за пределы $+A$; $-A$;
- б) погрешность измерений не должна выходить за пределы $+A$; $-A$.

3 Аттестация методик выполнения измерений

3.1. Общие положения

Что такое аттестация МВИ?

До последнего времени в нормативных документах ГСИ не было определения аттестации МВИ, нет его и в Законе «Об обеспечении единства измерений».

Среди некоторых метрологов и сейчас имеют место два толкования процедуры аттестации для средств измерений и МВИ.

Одно из них в соответствии с отмененным ГОСТ 16263-70 (его положения являлись рекомендательными) определяет аттестацию как исследования метрологических характеристик средств измерений с выдачей полученных результатов.

Второе толкование аттестации (на основе положений ранее действовавшего ГОСТ 8.326-89) - это не только определение метрологических характеристик, но и установление пригодности средств измерений к использованию по назначению.

В ГОСТ Р 8.563-96 принято второе «усиленное» определение.

Аттестация МВИ - это установление и подтверждение соответствия МВИ предъявленным к ней метрологическим требованиям.

В этом определении даны 3 компонента процедуры аттестации:

- исследования,
- определение соответствия,
- «юридическое» оформление последнего.

Необходимо отличать аттестацию от метрологических исследований МВИ. Метрологические исследования - часть процедуры аттестации МВИ. В результате метрологических исследований устанавливают метрологические характеристики (в том числе погрешность измерений), а при аттестации на основе результатов метрологических исследований делается вывод о соответствии МВИ заданным метрологическим требованиям или приписанным характеристикам (регламентированным в документе на МВИ).

Некоторые метрологи считают, что решение о применении средств измерений и МВИ на основе результатов их аттестации должны принимать службы предприятия, эксплуатирующие эти средства или применяющие МВИ. В ГОСТ Р 8.563-96 приведены условия, при которых метрологическая служба, выполняющая аттестацию МВИ, может и должна принимать решение о ее пригодности к использованию.

Должны быть известны до аттестации требования к погрешности измерений или приписанные характеристики погрешности измерений а также другие характеристики. Эти данные должны быть в документах, представляемых на аттестацию МВИ.

Аттестации подвергают в обязательном порядке МВИ, применяемые в сфере распространения государственного

метрологического контроля и надзора, а также для контроля состояния сложных технических систем, на которые распространяется ГОСТ Р 22.2.004-94 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные аварии и катастрофы. Метрологическое обеспечение контроля состояния сложных технических систем. Основные положения и правила» /8/.

Сложная техническая система (СТС) - техническая система (объект), представляющая собой совокупность взаимодействующих, функционально самостоятельных подсистем, предназначенных для достижения общей (конкретной) цели.

ГОСТ Р 22.2.04-94 распространяется на СТС, в которых может возникнуть источник чрезвычайной ситуации или чрезвычайная ситуация при воздействии внешнего источника.

Аттестацию МВИ, применяемых вне сфер распространения государственного метрологического контроля и надзора, проводят в порядке, установленном в ведомстве или на предприятии. При этом необходимость аттестации МВИ возникает при существенной методической составляющей или личностной составляющей (вносимой оператором) погрешности измерений, когда такие составляющие погрешности в процессе разработки МВИ определены недостаточно четко. Необходимость аттестации таких МВИ может определяться заказчиком или указываться в техническом задании на разработку МВИ.

Аттестацию МВИ, применяемых в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора, осуществляют:

- государственные научные метрологические центры (ГНМЦ);
- органы Государственной метрологической службы;
- метрологические службы и иные организационные структуры по обеспечению единства измерений, аккредитованные на право аттестации МВИ;
- ГНИИИ Минобороны России.

Аттестацию МВИ, применяемых вне сфер распространения государственного метрологического контроля и надзора, осуществляют:

- ГНМЦ;
- органы Государственной метрологической службы;
- метрологические службы и иные организационные структуры по обеспечению единства измерений предприятий (организаций), разрабатывающих или применяющих МВИ.

Если метрологическая служба (структура) выполняет аттестацию МВИ, предназначенную для применения на других предприятиях, то эта метрологическая служба должна быть аккредитована на право аттестации МВИ.

Положения по аккредитации метрологических служб на право аттестации МВИ рассмотрена в разделе 3.4.

3.2 Основные процедуры аттестации МВИ

На аттестацию МВИ представляют:

- исходные требования (техническое задание) на разработку МВИ, в том числе требования к точности измерений и условиям измерений;
- документ (проект документа) на МВИ;
- программу и результаты экспериментального или расчетного оценивания характеристик погрешности измерений, если оно проводилось при разработке МВИ.

Аттестацию МВИ осуществляют путем метрологической экспертизы документации, теоретических или экспериментальных исследований МВИ.

Способ аттестации определяется сложностью МВИ и опытом аттестации аналогичных МВИ.

Теоретические и экспериментальные исследования МВИ в большей своей части заключаются в оценивании погрешности измерений экспериментальным или расчетным способом, в том числе с помощью имитационного моделирования.

Процедуры оценивания погрешности измерений рассмотрены в разделе 2.

3.2.1 Экспертиза документов на МВИ (кроме проектов государственных стандартов) при аттестации МВИ

Метрологическая экспертиза МВИ - это анализ и оценка выбора методов и средств измерений, операций и правил проведения измерений и обработки их результатов с целью установления соответствия МВИ предъявляемым метрологическим требованиям.

При экспертизе документа на МВИ целесообразно проанализировать насколько назначение МВИ и измеряемая величина соответствуют измерительной задаче или контролируемому параметру объекта а погрешность измерений заданным требованиям. Результаты анализа используют при необходимости для уточнения назначения МВИ, формулировки измеряемой величины и приписанных характеристик погрешности измерений.

Экспертиза документа на МВИ включает оценивание полноты и четкости требований к условиям измерений. При этом может возникнуть необходимость ограничения области применения МВИ.

При экспертизе документа на МВИ, которая будет использоваться в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора, а также для контроля состояния сложных технических систем, необходимо проверить утверждение типов средств измерений. Такая проверка может быть осуществлена по Государственному реестру средств измерений, который находится во ВНИИМС, а в части утвержденных типов стандартных образцов - в УНИИМ Госстандарта России.

В части средств измерений анализируют полноту и обоснованность требований к метрологическим характеристикам.

Если представлены расчеты или результаты экспериментального оценивания погрешности измерений, то эти материалы подвергают анализу с целью учета всех существенных факторов, влияющих на погрешность измерений, и определения корректности методов ее оценивания.

3.2.2 Экспертиза проектов государственных стандартов и других документов в которых изложены МВИ, применяемые в сфере распространения государственного метрологического контроля и надзора

Проекты государственных стандартов, в которых излагаются МВИ, предназначенные для применения в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора, должны подвергаться метрологической экспертизе в государственных научных метрологических центрах (ГНМЦ).

На метрологическую экспертизу в ГНМЦ представляют проект государственного стандарта и по запросу ГНМЦ материалы разработки и исследований либо аттестации МВИ (отчеты, протоколы), в которых должны быть приведены сведения, по которым устанавливалось соответствие погрешности измерений заданным требованиям, либо определялись приписанные характеристики погрешности измерений и другие характеристики, влияющие на погрешность измерений.

Указанные сведения могут быть изложены в пояснительной записке к проекту стандарта.

При положительных результатах метрологической экспертизы ГНМЦ оформляет и передает разработчику стандарта или соответствующему Техническому комитету заключение.

Данную экспертизу не проводят, если ГНМЦ ранее аттестовал стандартизуемую МВИ. Для аттестации такой МВИ в ГНМЦ направляют описание (раздел проекта документа) МВИ с указанием о дальнейшем включении в государственный стандарт. Свидетельство об аттестации МВИ представляют вместе с другими документами для принятия государственного стандарта.

В пояснительной записке к комплекту документов, представляемых в Госстандарт России для утверждения государственного стандарта, в котором регламентированы МВИ, должны указываться выводы по результатам проведенных исследований, аттестации или экспертизы МВИ, позволяющие установить соответствие МВИ предъявляемым требованиям, в том числе погрешности измерений. НИИ Госстандарта России, подготавливающий проект стандарта к утверждению, осуществляет контроль наличия материалов, подтверждающих соответствие погрешности измерений и других характеристик заданным требованиям или приписанным значениям.

Другие документы на МВИ, применяемые в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора, подвергаются метрологической экспертизе в ГНМЦ по согласованию между Госстандартом России и ведомствами или предприятием и ГНМЦ.

Документы на МВИ, предназначенные для применения в Вооруженных Силах Российской Федерации и других войсках, подлежат метрологической экспертизе в ГНИИИ Минобороны России.

Документы на МВИ, не используемые в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора, подвергаются метрологической экспертизе в порядке установленном в ведомстве или на предприятии.

При проведении метрологической экспертизы документов на МВИ целесообразно использовать МИ 2267-93 «ГСИ. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Метрологическая экспертиза технической документации».

3.3 Оформление результатов аттестации МВИ

При положительных результатах экспертизы или исследований МВИ документ на МВИ утверждают в установленном порядке. Об аттестации МВИ, изложенной в отдельном документе, в этом документе указывают:

«МВИ аттестована _____**_____ (дата)»

*** - обозначение или наименование предприятия, метрологическая служба которого выполнила аттестацию МВИ, или ГНИИИ Минобороны, ГНМЦ или органа Государственной метрологической службы, выполнившего аттестацию МВИ.*

Если несколько МВИ изложены в разделах или частях общего документа, то об аттестации МВИ в этом документе указывают:

«МВИ (п.п.) аттестованы _____**_____ (дата)»

При положительных результатах аттестации МВИ, применяемой в сфере распространения государственного метрологического контроля и надзора а также для контроля состояния сложных технических систем, дополнительно к указанным записям на документе оформляют свидетельство об аттестации МВИ, рекомендуемая форма которого приведена в приложении А. Для других МВИ свидетельство об аттестации оформляют по требованию заказчика.

3.4 Аккредитация метрологических служб на право аттестации МВИ

Аккредитацию метрологических служб (структур) предприятий и организаций осуществляют в соответствии с ПР 50.2.013-97 «ГСИ. Порядок аккредитации метрологических служб юридических лиц на право аттестации методик выполнения измерений и проведения метрологической экспертизы документов».

Аккредитующими организациями являются:

- государственные научные метрологические центры;
- органы Государственной метрологической службы Госстандарта России;
- ГНИИИ Минобороны России.

Аккредитация метрологических служб осуществляется по их инициативе на основе договоров, заключаемых с аккредитующими организациями.

Основные условия аккредитации метрологической службы:

- наличие аттестованных метрологической службой МВИ, соответствующих отчетов и других материалов в заявленной области аккредитации;
- наличие оборудования (средств измерений, контроля и испытаний, эталонов, стандартных образцов), необходимых для проведения работ по аттестации МВИ в заявленной области аккредитации;
- наличие стандартов и других нормативных документов ГСИ, других нормативных документов в области разработки, аттестации и применения МВИ;
- наличие достаточного по количеству и квалификации персонала с профессиональной подготовкой и опытом работы не менее 3 лет в заявленной области аккредитации;
- наличие помещений с соответствующими условиями для проведения работ по аттестации МВИ.

В случае положительных результатов аккредитации аккредитующая организация выдает метрологической службе аттестат с приложением области аккредитации (виды и области измерений, назначение и области применения аттестуемых МВИ), срок действия которого устанавливается не более 5 лет.

В течение срока действия аттестата аккредитующая организация осуществляет периодический (не реже одного раза в 18 месяцев) инспекционный контроль за аккредитованной метрологической службой. По результатам каждой проверки составляется акт, в котором могут быть отмечены нарушения и мероприятия по устранению отмеченных недостатков со сроками их реализации.

Если результаты инспекционного контроля положительные, то аккредитующая организация может продлить срок действия аттестата аккредитации метрологической службы.

3.5 Вопросы для самоконтроля

1 На какой максимальный срок выдается аттестат аккредитации метрологической службы на право аттестации МВИ?

- а) 10 лет;
- б) 5 лет.

2 За чей счет проводится аккредитация метрологической службы предприятия на право аттестации МВИ?

- а) по договору с аккредитуемым предприятием;
- б) за счет бюджета.

3 Устанавливается ли при аттестации МВИ ее пригодность к применению?

- а) да;
- б) нет.

4 Все ли МВИ должны подвергаться обязательной аттестации?

- а) нет;
- б) да.

5 Может ли любая метрологическая служба аттестовывать МВИ, применяемые в сфере распространения государственного метрологического контроля и надзора?

- а) нет;
- б) да.

6 Для всех ли МВИ при экспертизе осуществляется проверка утверждения типов применяемых средств измерений?

- а) да;
- б) нет.

7 Достаточно ли указания в документе на МВИ «МВИ аттестована», если МВИ применяется в сфере распространения государственного контроля и надзора?

- а) да;
- б) нет.

8 Может ли головная организация метрологической службы аккредитовать метрологическую службу предприятия на право аттестации МВИ?

- а) нет;
- б) да.

9 Обязательно ли проводить и теоретические и экспериментальные исследования при аттестации МВИ?

- а) да;
- б) нет.

10 Кто проводит метрологическую экспертизу проектов государственных стандартов, в которых регламентированы МВИ, применяемые в сфере распространения государственного метрологического контроля и надзора?

- а) головные организации метрологической службы ведомств;
- б) органы Государственной метрологической службы;
- в) государственные научные метрологические центры.

4 Документы на МВИ

4.1 Предпосылки для разработки документа на МВИ

Под МВИ понимают технологический процесс измерений. Поэтому не следует смешивать МВИ и документ на МВИ. Необходимо отметить различие между МВИ (процедурой) и документом на МВИ.

Следует иметь в виду, что многие МВИ не регламентированы в документах, так как такая регламентация не вызывается объективной потребностью.

Для измерений простыми показывающими приборами (давления с помощью манометров, электрических величин с помощью щитовых приборов, линейно-угловых и многих других величин) не требуются документированные МВИ. В этих случаях достаточны лишь указания в конструкторской, технологической или проектной документации типов и основных метрологических характеристик средств измерений.

Такое же положение имеет место при выполнении многих измерений с помощью автоматических или автоматизированных средств измерения (ИИС, ИВК, информационной подсистемы АСУ ТП и т.п.). МВИ в таких ИИС «защиты» в алгоритмах и программном обеспечении. При испытаниях для целей утверждения типа ИИС их алгоритмы и программы апробируют. Поэтому МВИ, процедуры которых реализованы в алгоритмах и программах, апробированных при испытаниях ИИС, не требуют дополнительной регламентации в документах.

Вместе с тем, для использования ИИС (ИВК) совместно с датчиками на конкретном объекте программное обеспечение разрабатывается для этого объекта. Алгоритмы и программы могут быть аттестованы согласно МИ 2174-91 «ГСИ. Аттестация алгоритмов и программ обработки данных при измерениях. Основные положения». Если такая аттестация проведена и погрешности измерений не содержат составляющих кроме инструментальных и алгоритма, то нет необходимости в документах на МВИ конкретных измеряемых величин в такой системе.

Однако, результаты измерений некоторых величин в таких системах с датчиками могут сопровождаться личностными погрешностями при отборе и приготовлении пробы, вводе исходных данных о сырье, энергоносителях и тому подобных величинах, а также неучтенными в алгоритме вычислений некоторыми методическими составляющими погрешности измерений. Поэтому для таких измеряемых величин может возникнуть необходимость разработки документов на соответствующие МВИ и последующей их аттестации.

Необходимость регламентации МВИ в соответствующем документе может устанавливать разработчик конструкторской, технологической или проектной документации при возможной существенной методической составляющей или личностной составляющей погрешности. По этим

причинам многие МКХА, в которых основные операции выполняет лаборант, регламентированы в соответствующих документах.

Регламентацию МВИ в документе может потребовать заказчик или потребитель при разработке продукции или объекта, о чем целесообразно указывать в техническом задании.

Необходимо иметь в виду, что при отсутствии документа на МВИ ее аттестация невозможна.

4.2 Основные требования к документам на МВИ и их содержание

МВИ в зависимости от ее сложности, назначения и области применения излагают в:

- отдельном документе (стандарте, инструкции, рекомендации и т.п.);
- разделе или части документа (разделе стандарта, технических условий, конструкторского или технологического документа и т.п.).

В документах (разделах, частях документов), регламентирующих МВИ, в общем случае указывают:

- назначение МВИ;
- условия выполнения измерений;
- метод (методы) измерений;
- нормы погрешности (неопределенности) измерений и (или) приписанные характеристики погрешности (неопределенности) измерений;
- требования к средствам измерений (в т.ч. к стандартным образцам, аттестованным смесям), вспомогательным устройствам, материалам, растворам или указывают типы средств измерений, их характеристики и обозначения документов, где приведены требования к средствам измерений (ГОСТ, ТУ и другие документы);
- операции при подготовке к выполнению измерений;
- операции при выполнении измерений;
- операции обработки и вычислений результатов измерений;
- процедуры и периодичность контроля точности получаемых результатов измерений с учетом требований раздела 6 ГОСТ Р ИСО 5725-6-2002;
- требования к оформлению результатов измерений;
- требования к квалификации операторов;
- требования к обеспечению безопасности выполняемых работ;
- требования к обеспечению экологической безопасности;
- другие требования и операции (при необходимости).

В документах на МВИ, в которых предусмотрено использование конкретных экземпляров средств измерений и других технических средств, дополнительно указывают заводские (инвентарные и т.п.) номера экземпляров средств измерений и других технических средств.

Вместо приведенных в данном пункте сведений о МВИ в документе (разделах документов) могут быть даны ссылки на другие документы, в которых эти сведения указаны.

Наименование документа на МВИ должно соответствовать требованиям ГОСТ Р 1.5-2001. Допускается отражать в наименовании специфику измерений величины. Например: «ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ. МАССА ГРУЗОВ, ПЕРЕВОЗИМЫХ ПО ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ. Методика выполнения измерений большегрузными платформенными весами».

При большом числе измеряемых величин применяют их обобщенное наименование, например: «ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В РАСКРЫВЕ ОСТРОНАПРАВЛЕННЫХ АНТЕНН».

Документ на МВИ должен содержать вводную часть и следующие разделы:

- требования к погрешности измерений или приписанные характеристики погрешности измерений;
- средства измерений, вспомогательные устройства, материалы, растворы;
- метод (методы) измерений;
- требования безопасности, охраны окружающей среды;
- требования к квалификации операторов;
- условия измерений;
- подготовка к выполнению измерений;
- выполнение измерений;
- обработка (вычисление) результатов измерений;
- контроль точности результатов измерений;
- оформление результатов измерений.

Допускается исключать или объединять указанные разделы или изменять их наименования, а также включать дополнительные разделы с учетом специфики измерений.

Вводная часть устанавливает назначение и область применения документа на МВИ.

Вводную часть излагают в следующей редакции: «Настоящий документ (указывают конкретно вид документа на МВИ) устанавливает методику выполнения измерений (далее - наименование измеряемой величины, в необходимых случаях с указанием ее специфики и специфики измерений)».

Для МКХА вводная часть может быть изложена, например, так: «Настоящий стандарт устанавливает экстракционно-фотометрическую методику количественного химического анализа проб оксидов редкоземельных металлов для определения в них содержания кобальта при массовой доле кобальта от $2 \cdot 10^{-6}$ до $2 \cdot 10^{-4}$ %»

При ссылке на конкретную продукцию в вводной части указывают обозначение нормативного документа, распространяющегося на эту

продукцию, например: «Настоящий документ (указывают конкретный вид документа на МВИ) устанавливает методики выполнения измерений при определении характеристик магнитомягких сплавов по ГОСТ 10160 в любой точке петли гистерезиса. К числу характеристик магнитомягких сплавов относят:

- коэрцитивную силу по индукции;
- коэффициент прямоугольности петли гистерезиса;
- коэрцитивную силу по намагниченности;
- температурные коэффициенты вышеперечисленных характеристик».

Раздел «Требования к погрешности измерений» или «Характеристики погрешности измерений» содержит числовые значения требуемых или приписанных характеристик погрешности измерений или ссылку на документ, в котором они приводятся.

Первый пункт раздела излагают в редакции: «Пределы допускаемой относительной погрешности измерений по данной методике $\pm 1,5\%$ » или «Погрешность измерений должна соответствовать требованиям, указанным в» (ссылка на нормативный документ).

При указании приписанных характеристик погрешности измерений вместо «Пределы допускаемой погрешности ...» излагают «Пределы погрешности», вместо «Погрешность измерений должна соответствовать требованиям, указанным в....» излагают «Погрешность измерений соответствует характеристикам, приведенным в».

Если предполагается существенная случайная составляющая погрешности измерений, то вместо «пределов» указываются «границы», которые сопровождаются значением вероятности (например, $P=0,95$).

Требования к погрешности измерений и приписанные характеристики погрешности измерений могут также быть выражены другими способами, указанными в МИ 1317—86 «Государственная система обеспечения единства измерений. Результаты измерений и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров».

Требования к погрешности измерений (приписанные характеристики) одной и той же величины могут быть различными для разных значений этой величины, разной продукции, разных условий измерений и использования результатов измерений. В этом случае, а также для нескольких измеряемых величин требования к погрешности измерений (приписанные характеристики) приводят в форме таблиц, графиков или уравнений.

Раздел «Средства измерений, вспомогательные устройства, материалы, растворы» содержит перечень средств измерений и других технических средств, применяемых при выполнении измерений.

В перечне этих средств наряду с наименованием указывают обозначения государственных стандартов (стандартов других категорий) или технических условий, обозначения типов (моделей) средств измерений, их метрологические характеристики (класс точности, пределы допускаемых погрешностей, пределы измерений и др.). При большом объеме метрологических характеристик они могут приводиться в приложении.

В приложении могут приводиться чертежи, технические характеристики и описания средств измерений и других технических средств разового изготовления.

Первый пункт раздела излагают следующим образом: «При выполнении измерений применяют следующие средства измерений и другие технические средства: (далее - перечень)» или «При выполнении измерений применяют средства измерений и другие технические средства, приведенные в таблице 1

Таблица 1

Порядковый номер и наименование средства измерений, технического средства	Обозначение стандарта, ТУ и типа средства измерений либо его метрологические характеристики, или ссылка на чертеж или приложение	Наименование измеряемой величины
---	--	----------------------------------

Раздел «Метод измерений» содержит описание приемов сравнения измеряемой величины с единицей в соответствии с принципом, положенным в основу метода.

Если для измерений одной величины применяют несколько методов или документ устанавливает МВИ двух и более величин, то описание каждого метода выделяют в отдельный подраздел.

Первый пункт раздела (подраздела) излагают следующим образом: «Измерения (далее - наименование измеряемой величины) выполняют методом (далее следует описание физического принципа метода)».

Раздел «Требования безопасности, охраны окружающей среды» содержит требования, выполнение которых обеспечивает при выполнении измерений безопасность труда, нормы производственной санитарии и охрану окружающей среды.

При наличии нормативных документов, регламентирующих требования безопасности, производственной санитарии и охраны окружающей среды, в разделе приводят ссылку на эти документы.

Первый пункт раздела излагают следующим образом: «При выполнении измерений (далее - наименование измеряемой величины) соблюдают следующие требования: (далее перечисляют требования безопасности, производственной санитарии, охраны окружающей среды)».

Раздел «Требования к квалификации операторов» содержит сведения об уровне квалификации (профессии, образовании, практическом

опыте и др.) лиц, допускаемых к выполнению измерений. Этот раздел включают в документ на МВИ при использовании сложных неавтоматизированных методов измерений и процедур обработки их результатов.

Первый пункт раздела излагают следующим образом: «К выполнению измерений и (или) обработке их результатов допускают лиц (далее - сведения об уровне квалификации)».

Раздел «Условия измерений» содержит перечень влияющих величин, их номинальных значений и (или) границ диапазонов возможных значений, а также другие характеристики влияющих величин, требования к объекту измерений. К числу влияющих величин относят параметры сред (образцов), напряжение и частоту тока питания, внутренние импедансы объектов измерений и другие характеристики.

Допускается перечни влияющих величин приводить в виде таблицы.

Первый пункт раздела излагают следующим образом: «При выполнении измерений соблюдают следующие условия: (далее - перечень)» или «При выполнении измерений соблюдают условия, приведенные в таблице 2

Таблица 2

Наименование измеряемой величины	Наименование влияющей величины	Номинальное значение	Предельные отклонения
--	-----------------------------------	-------------------------	--------------------------

Раздел «Подготовка к выполнению измерений» содержит описания подготовительных работ, которые проводят перед выполнением непосредственно измерений. К этим работам относят предварительное определение значений влияющих величин, сборку схем (для этого в разделе или приложении приводят схемы), подготовку и проверку режимов работы средств измерений и других технических средств (установка нуля, выдержка во включенном состоянии, тестирование и т.п.), подготовку проб к измерениям.

Если при выполнении количественного химического анализа предусматривается установление градуировочной характеристики, то в разделе приводят способы ее установления и контроля, а также порядок применения образцов для градуировки, приготовления образцов в виде смесей.

Если порядок подготовительных работ установлен в документах на средства измерений и другие технические средства, то в разделе приводят ссылки на эти документы.

Первый пункт раздела излагают следующим образом: «При подготовке к выполнению измерений проводят следующие работы: (далее - перечень и описания подготовительных работ)».

Раздел «Выполнение измерений» содержит перечень, объем, последовательность операций, периодичность и число измерений, описания операций, требования к представлению промежуточных и конечных результатов (число значащих цифр и др.).

Для МКХА в разделе приводят также требования к массе и числу навесок пробы, а при необходимости указания о проведении «контрольного опыта» и описание операции по устранению влияния мешающих компонентов пробы.

Если порядок выполнения операций установлен в документах на применяемые средства измерений и другие технические средства, то в разделе приводят ссылки на эти документы.

Если для измерений одной величины применяют несколько методов или документ устанавливает МВИ двух и более величин, то описание каждой операции выделяют в отдельный подраздел.

В разделе (подразделе) указывают требования о необходимости регистрации результатов промежуточных измерений и значений влияющих величин. При необходимости указывают формы регистрации промежуточных результатов измерений и значений влияющих величин.

Первый пункт раздела излагают следующим образом: «При выполнении измерений (далее - наименование измеряемой величины) выполняют следующие операции: (далее - описания операций)».

Раздел «Обработка (вычисление) результатов измерений» содержит описания способов обработки и получения результатов измерений. Если способы обработки результатов измерений установлены в других документах, в разделе приводят ссылки на эти документы, например: «Обработка результатов измерений (далее наименование измеряемой величины) - по ГОСТ 8.207-76».

Если для измерений одной величины применяют несколько методов или документ устанавливает МВИ двух и более величин, то описание каждого способа обработки выделяют в отдельный подраздел.

В разделе при необходимости приводят данные, требуемые для получения результатов измерений (константы, таблицы, графики, уравнения и т.п.). При большом объеме данных их указывают в приложении.

В разделе указывают требования о необходимости регистрации обработки результатов промежуточных измерений и при необходимости указывают форму такой регистрации (на магнитной ленте, распечатке принтера и т.п.).

Первый пункт раздела излагают следующим образом: «Обработку результатов измерений (далее - наименование измеряемой величины) выполняют способом: (далее - описание способа)».

Раздел «Контроль точности результатов измерений» содержит указания о нормативах, методах, средствах и плане проведения первичного (оперативного) и периодического (статистического) контроля погрешности результатов измерений, выполняемых по данной МВИ.

Раздел «Оформление результатов измерений» содержит требования к форме, в которой приводят полученные результаты измерений. В разделе указывают вид носителя полученной измерительной информации (документ, магнитная лента, лента самопишущего прибора и т.п.). При необходимости приводят сведения о применяемых средствах измерений и других технических средствах, дате и времени получения результата измерений.

Документ или запись удостоверяет лицо, проводившее измерения, а при необходимости - руководитель организации (предприятия), подпись которого заверяют печатью организации (предприятия).

Первый пункт раздела излагают следующим образом: «Результаты измерений оформляют протоколом, форма которого приведена в приложении (номер приложения)», или «Результаты измерений оформляют записью в журнале по указанной ниже форме (далее - таблица, график или другая форма представления результатов измерений)», или «Результаты измерений хранят (далее - указание о способах хранения на машинных носителях)».

4.3 Экспертиза документов на МВИ

Метрологическая экспертиза документов на МВИ - это анализ и оценка технических решений по выбору измеряемых величин, установлению требований к точности измерений, выбору методов и средств измерений, их метрологическому обслуживанию.

Конкретной целью метрологической экспертизы документа на МВИ является обеспечение точности измерений в соответствии с предъявленными требованиями.

При метрологической экспертизе выявляются ошибочные или недостаточно обоснованные решения, вырабатываются рекомендуемые наиболее рациональные решения.

Метрологическая экспертиза включает метрологический контроль - проверку документа на соответствие конкретным метрологическим требованиям, регламентированным в стандартах и других нормативных документах. Например, проверка наименований и обозначений, указанных в технической документации единиц величин на соответствие требованиям ГОСТ 8.417-2002.

Проекты государственных стандартов, в которых излагаются МВИ, предназначенные для применения в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора, должны подвергаться метрологической экспертизе в государственных научных метрологических центрах (ГНМЦ). Данная экспертиза не проводится, если ГНМЦ ранее аттестовал МВИ.

На метрологическую экспертизу в ГНМЦ представляют проект государственного стандарта и по запросу ГНМЦ материалы разработки и

исследований либо аттестации МВИ (отчеты, протоколы), в которых приведены сведения, по которым устанавливалось соответствие погрешности измерений заданным требованиям, либо определялись приписанные характеристики погрешности измерений и другие характеристики, влияющие на погрешность измерений. Указанные сведения могут быть изложены в пояснительной записке к проекту стандарта.

В пояснительной записке к комплекту документов, представляемых в Госстандарт России для утверждения государственного стандарта, в котором регламентированы МВИ, должны указываться выводы по результатам проведенных исследований, аттестации или экспертизы МВИ, позволяющие установить соответствие МВИ предъявляемым требованиям, в том числе погрешности измерений.

Документы на МВИ, не используемые в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора, подвергаются метрологической экспертизе в порядке, установленном в отрасли или на предприятии. Документы на МВИ (кроме проектов государственных стандартов), применяемые в сфере распространения государственного метрологического контроля и надзора, подвергаются метрологической экспертизе в ГНМЦ в порядке, установленном по согласованию между Госстандартом России и ведомствами либо предприятием и ГНМЦ.

Документы на МВИ, предназначенные для применения в Вооруженных Силах Российской Федерации и других войсках, подлежат метрологической экспертизе в ГНИИИ Минобороны России.

Для проведения метрологической экспертизы должен быть сформирован комплекс необходимых нормативных и справочных документов.

Такой комплекс должен включать основополагающие стандарты ГСИ, другие стандарты ГСИ, относящиеся к разрабатываемым МВИ, стандарты на методы контроля и испытаний, а также справочные материалы, относящиеся к разрабатываемым МВИ, каталоги и другие информационные материалы на средства измерений, которые могут применяться в МВИ.

Исходная информация о метрологических документах содержится в следующих источниках:

- указатель нормативно-технических документов в области метрологии (по состоянию на 1 января 1998 г.), Изд-во стандартов 1998;
- указатель государственных стандартов. Изд-во стандартов;
- указатель состава комплектов средств поверки. ВНИИМС, 1989;
- ведомственные справочные материалы.

Целесообразно использовать вычислительную технику, которая значительно повышает эффективность метрологической экспертизы.

В настоящее время разработаны и нашли применение следующие программные средства для персональных ЭВМ в области

метрологического обеспечения, которые могут использоваться при метрологической экспертизе.

Автоматизированные базы данных:

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

Автоматизированные системы расчета погрешности измерений, включающие базы данных обо всех метрологических характеристиках широко применяемых типов средств измерений. В таких системах помимо результатов расчета суммарной погрешности измерений могут выдаваться значения составляющие погрешности, что дает возможность принять рациональные решения при выборе средств измерений и условий их эксплуатации и сделать объективные оценки по этим вопросам.

К основным задачам метрологической экспертизы документов на МВИ относятся следующие.

Анализ наименования измеряемой величины, при котором необходимо обращать внимание на четкость указаний об измеряемой величине.

Неопределенность или неоднозначность трактовки величины, подлежащей измерению, может привести к большим неучтенным погрешностям измерений.

Объективность и полнота требований к точности средств измерений. При оценивании 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. Необходимо также иметь в виду, что 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.

Соответствие фактической точности измерений требуемой.

Эксперт должен, хотя бы приближенно, оценить расчетным способом погрешность измерений. Методические рекомендации по оцениванию погрешности измерений приведены в разделе 2 и МИ 2232-92 «ГСИ. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Оценивание погрешности измерений при

ограниченной исходной информации». Если имеют место прямые измерения и достаточная исходная информация, то можно использовать РД 50-453-84 «Характеристики погрешности средств измерений в реальных условиях эксплуатации. Методы расчета».

Эти же документы могут быть использованы при анализе объективности расчетных или экспериментальных оценок погрешности измерений, приведенных в отчетах, материалах метрологической аттестации.

Необходимо учитывать, что при косвенных измерениях погрешность средств измерений составляет часть погрешности измерений. В таких случаях необходимо представление о методической составляющей погрешности измерений. Типичные источники методических погрешностей приведены в приложении А ГОСТ Р 8.563-96 «ГСИ. Методики выполнения измерений» и МИ 1967-89 «ГСИ. Выбор методов и средств измерений при разработке методик выполнения измерений. Общие положения».

Кроме того, необходимо иметь в виду, что погрешность измерений средних значений (по n точкам измерений) практически в корень из n раз меньше погрешности измерений в одной точке. Погрешность измерений средних значений за некоторый интервал времени также меньше погрешности измерений текущих значений за счет фильтрации высокочастотных случайных составляющих погрешности измерений.

4.4 Вопросы для самоконтроля

1 Необходимо ли анализировать наименование измеряемой величины при проведении метрологической экспертизы документа на МВИ?

- а) нет;
- б) да.

2 Кто проводит метрологическую экспертизу проекта государственного стандарта на МВИ, применяемую в сфере государственного метрологического контроля и надзора?

- а) ГНМЦ;
- б) базовая организация.

3 Какое основное требование к содержанию документа на МВИ?

- а) полное описание процедуры измерений;
- б) регламентация условий измерений;
- в) Обеспечение регламентированной погрешности измерений

4 Можно ли документом считать МВИ?

- а) нет;
- б) да.

5 Нужно ли при метрологической экспертизе документа на МВИ предлагать средство измерений максимально высокой точности ?

- а) да;
- б) нет.

6 Кто устанавливает необходимость и порядок проведения метрологической экспертизы документов на МВИ, не используемых в сфере распространения государственного метрологического надзора?

- а) Госстандарт России;
- б) ведомство, предприятие.

7 Какая основная задача метрологической экспертизы документов на МВИ?

- а) контроль соответствия требованиям;
- б) анализ и оценка технических решений.

8 Все ли МВИ должны быть регламентированы в документах?

- а) нет;
- б) да.

5 Рекомендуемые нормативные и методические документы

- 1 Закон Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений». – М.: Ось-89, 2002
- 2 ГОСТ Р 8.563-96 ГСИ. Методики выполнения измерений.
- 3 ГОСТ 8.417-2002 ГСИ. Единицы физических величин.
- 4 ГОСТ 8.315-97 ГСИ. Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов. Основные положения.
- 5 ГОСТ 8.532-85 ГСИ. Стандартные образцы состава веществ и материалов. Порядок межлабораторной аттестации.
- 6 ГОСТ 8.051-81 ГСИ. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм.
- 7 ГОСТ 8.207-76 ГСИ. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения.
- 8 ПР 50.2.009-94 ГСИ. Порядок проведения испытаний и утверждения типа средств измерений.
- 9 ПР 50.2.013-94 ГСИ. Порядок аккредитации метрологических служб юридических лиц.
- 10 РД 50-98-86 Выбор универсальных средств измерений линейных размеров до 500 мм (по применению ГОСТ 8.051-86).
- 11 РД 50-453-84 Методические указания. Характеристики погрешности средств измерений в реальных условиях эксплуатации. Методы расчета.
- 12 МИ 1552-86 ГСИ. Измерения прямые однократные. Оценивание погрешности результатов измерений.
- 13 МИ 1317-86 ГСИ. Результаты измерений и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров.
- 14 МИ 1967-89 ГСИ. Выбор методов и средств измерений при разработке методик выполнения измерений. Общие положения.
- 15 МИ 2334-95 ГСИ. Смеси аттестованные. Общие требования к разработке.
- 16 МИ 2232-92 ГСИ. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Оценивание погрешности измерений при ограниченной исходной информации.
- 17 МИ 2301-94 ГСИ. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Методы и способы повышения точности измерений.
- 18 МИ 2336-95 ГСИ. Характеристики погрешности результатов количественного химического анализа. Алгоритмы оценивания.

19 МИ 2335-95 ГСИ. Контроль качества результатов количественного химического анализа.

20 МИ 2267-93 ГСИ. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Метрологическая экспертиза технической документации.

21 МИ 2174-91 ГСИ. Аттестация алгоритмов и программ обработки данных при измерениях. Основные положения.

22 МИ 2377-98 ГСИ. Разработка и аттестация методик выполнения измерений.

23 МИ 2273-93 ГСИ. Области использования средств измерений, подлежащих поверке.

24 МИ 2233-92 ГСИ. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Основные положения.

25 РД 34.11.321-88 Нормы точности измерений технологических параметров тепловых электростанций. Минэнерго, ВТИ им. Ф.Э.Дзержинского, 1988.

26 МИ 2266-93 ГСИ. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Создание и использование баз данных о метрологических характеристиках средств измерений.

27 ГОСТ 27384-2002 Вода. Нормы погрешности измерений показателей состава и свойств.

28 ГОСТ 17.2.4.02-81 Охрана природы. Атмосфера. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ.

29 ГОСТ 12.1.014-84 Воздух рабочей зоны. Метод измерения концентрации вредных веществ индикаторными трубками.

30 ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 1. Основные положения и определения. Введ. 01.11.02 – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. – 34с.

31 ГОСТ Р ИСО 5725-2-2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 2. Основной метод определения повторяемости и воспроизводимости стандартного метода измерений. Введ. 01.11.02 – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. – 51с.

32 ГОСТ Р ИСО 5725-3-2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 3. Промежуточные показатели прецизионности стандартного метода измерений. Введ. 01.11.02 – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. – 39с.

33 ГОСТ Р ИСО 5725-4-2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 4. Основные методы определения правильности стандартного метода измерений. Введ. 01.11.02 – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. – 32с.

34 ГОСТ Р ИСО 5725-5-2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 5. Альтернативные методы определения прецизионности стандартного

метода измерений. Введ. 01.11.02 – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. – 60с.

35 ГОСТ Р ИСО 5725-6-2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 6. Использование значений точности на практике. Введ. 01.11.02 – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. – 51с.

6 Ответы на вопросы с пояснениями

Таблица 3 – Правильные ответы с пояснениями

Ответ	Пояснения
Раздел 1	
1-б	Для разработки МВИ одним из основных исходных требований является требование к точности измерений. Требования к точности измерений устанавливают в виде пределов допускаемых значений характеристик абсолютной или относительной погрешности измерений. Наиболее распространенным способом выражения требований к точности измерений являются границы допускаемого интервала, в котором с заданной вероятностью P должна находиться погрешность измерений. Если границы симметричны, то перед их одним числовым значением ставятся знаки плюс-минус. Если заданное значение вероятности равно единице ($P = 1$), то в качестве требований к точности измерений используются пределы допускаемой погрешности измерений, при этом вероятность $P = 1$ не указывается.
2-а	После предварительного выбора метода и средств измерений проводят оценивание погрешности измерений. Если оцененные характеристики погрешности измерений не превышают допускаемых пределов и незначительно меньше этих пределов (например, составляют 0,8 предела допускаемых значений), то погрешность измерений считают оптимальной и ее характеристики приписывают данной МВИ. Если оцененные характеристики погрешности измерений существенно меньше допускаемых пределов (например, составляют менее 0,5 предела допускаемых значений), то выбранные метод и средства измерений нерациональны по экономическим соображениям. В этом случае целесообразно выбрать менее точные метод и средства измерений, если затраты на измерения, включая затраты на метрологическое обслуживание этих средств измерений, существенно меньше, чем в предварительном варианте. Далее проводят новое оценивание погрешности измерений и, если оцененные характеристики погрешности оптимальны, как это указано выше, то выбор метода и средств измерений можно считать законченным. Если оцененные характеристики погрешности измерений превышают пределы допускаемых значений, то необходимо выбрать более точные метод и средства измерений и произвести оценивание погрешности измерений.

Продолжение таблицы 3

Ответ	Пояснения
3-а	В измерительных системах (ИС) и информационных подсистемах АСУ могут быть использованы функциональные связи между измеряемыми параметрами, которые определяются свойствами объекта контроля и управления. Так в системе трубопроводов общий расход продукта на входе системы равен сумме расходов на входах ее составных частей. Превышение небаланса расходов некоторого установленного значения может служить признаком неверных результатов измерений расхода на входе системы или ее составной части. Другим примером использования функциональных связей для оперативного контроля точности результатов измерений в ИС могут служить так называемые расходные коэффициенты (установленные нормативы отношения количества продукта на выходе объекта к расходу сырья, материалов, топлива, энергии и т.п. величин на его «входе»). Если при нормальном протекании технологического процесса, что фиксируется по показаниям средств измерений основных параметров объекта, какой-либо расходный коэффициент превышает нормативное значение, то можно с большой вероятностью считать неверными результатами измерений величин, по которым вычисляется данный расходный коэффициент.
4-а,в	Среди типичных методических составляющих погрешности измерений можно привести следующие. Отличие алгоритма вычислений от функции, строго связывающей результаты прямых измерений с измеряемой величиной. Обычно такого рода составляющие погрешности являются следствием линеаризации нелинейных функций с целью упрощения вычислительных процедур. Методические составляющие погрешности измерений, вызываемые мешающим влиянием факторов пробы (мешающие компоненты пробы, дисперсность, пористость и т.п.). В числе инструментальных составляющих погрешности измерений, которые определяются метрологическими характеристиками средств измерений, погрешности, вызываемые взаимодействием средства измерений с объектом измерений или подключаемыми на его вход или выход средствами измерений.
5-а	Требования ГОСТ Р 8.563-96 распространяются на вновь разрабатываемые и пересматриваемые МВИ, в т.ч. на методики количественного химического анализа (МКХА). Документы на МВИ, разработанные до введения в действие стандарта, остаются в силе вплоть до их пересмотра.

Продолжение таблицы 3

Ответ	Пояснения
	При этом остаются в силе такие документы и на неаттестованные МВИ.
6-б	Внутренний оперативный контроль осуществляют на основе результатов контрольных измерений, выполненных для отдельной контрольной процедуры, регламентированной в МКХА (анализ стандартного образца или аттестованной смеси; основной и повторный анализы рабочей пробы; анализы пробы разными методами; анализы рабочей пробы и рабочей пробы с добавкой; анализы рабочей пробы, разбавленной рабочей пробы и разбавленной рабочей пробы с добавкой; анализы рабочей пробы и разбавленной рабочей пробы). Так, если заранее известно, что доминирует случайная составляющей погрешности результатов количественного химического анализа, рационально контролировать сходимость результатов. Если доминирует систематическая составляющая, то приходится контролировать погрешность измерений с помощью стандартных образцов или аттестованных смесей либо с помощью других МКХА с известной погрешностью измерений.
7-б	Стандарт не распространяется на МВИ, характеристики погрешности измерений по которым определяют в процессе или после их применения, По этой причине такие МВИ не могут быть аттестованы в соответствии с требованиями ГОСТ Р 8.563. Подобные МВИ применяют в научных исследованиях, при проведении экспериментов и в других случаях, когда имеют место «разовые» процедуры измерений или сами МВИ находятся в стадии исследований. Порядок разработки, применения и требования к указанным МВИ определяют ведомства или организации, разрабатывающие и применяющие зги МВИ.
8-а	Типичный прием уменьшения случайной составляющей заключается в использовании в качестве окончательного результата измерений среднее значение результатов многократных измерений. При этом надо иметь в виду, чтобы погрешности результатов многократных измерений были бы некоррелированы или слабо коррелированы. При этом погрешность среднего значения в корень квадратный из n раз меньше погрешности однократного измерения (n - число многократных измерений). Для пояснения этого условия рассмотрим пример с доминирующей дополнительной погрешностью, вызванной влиянием на погрешность средств измерений отклонений температуры окружающего воздуха.

Продолжение таблицы 3

Ответ	Пояснения
	Такие отклонения температуры носят в основном случайный характер, поэтому и дополнительная температурная погрешность средств измерений также может считаться случайной. Однако, заметные изменения температуры окружающего воздуха происходят достаточно медленно (в течение суток или нескольких суток). Поэтому дополнительные температурные погрешности каждого результата многократных измерений за короткий интервал не будут заметно отличаться друг от друга, т.е. будут сильно коррелированы. Поэтому дополнительная температурная погрешность среднего значения результатов многократных измерений за короткий интервал не будет существенно меньше погрешности однократного измерений. Также не даст повышения точности усреднение многократных измерений, если доминируют систематические составляющие погрешности однократных измерений.
Раздел 2	
1-б	Целесообразно определить, относится ли измеряемая величина к наиболее важной, т.к. погрешность измерения таких величин необходимо оценивать более тщательно. К наиболее важным относятся: а) измеряемые величины, важные для безопасности, а также связанные с обеспечением взаимных расчетов (товарно-коммерческие) и определением важнейших технико-экономических показателей; б) измеряемые величины, связанные с оптимизацией режимов технологических процессов и координацией потоков сырья или энергии, когда не оптимальность этих величин может привести к значительным потерям. Для существенных (доминирующих) составляющих погрешности измерений наиболее важных измеряемых величин, которые не могут быть оценены экспериментально, необходимо: выявить причины неточности расчета оценки границ составляющих погрешности из-за неполноты исходной информации и принятых в этой связи допущений, получить дополнительную информацию и выполнить новый расчет. Например, при расчете составляющей погрешности измерений, вызванной отклонениями от нормального значения температуры воздуха, окружающего датчики, установленные вне помещения, приняты граничные значения диапазона температуры от минус 40 до плюс 30 °С (согласно таблицы 4 ГОСТ 16350 для холодного климатического района). Дополнительный анализ результатов наблюдений

Продолжение таблицы 3

Ответ	Пояснения
	гидрометеослужбы по данной местности, где установлены датчики, показал, что граничные значения диапазона температуры воздуха составляют от минус 25 до плюс 25 °С. Эти значения необходимо использовать при окончательном расчете составляющей погрешности измерений, вызванной отклонениями от нормального значения температуры воздуха.
2-а	Необходимо иметь, в виду, что любой результат измерений сопровождается (отягощен) погрешностью измерений, т.к. измерения - это познавательный процесс и его результат является относительной истиной.
3-б	Неточности оценок погрешности измерений и ее составляющих обычно вызваны ограниченной исходной информацией и принятыми в этой связи допущениями, а также <i>условиями</i> эксперимента, которые не в полной мере удовлетворяют требованиям необходимой точности получаемых оценок. Результат оценивания погрешности измерений является результатом познавательного процесса. По этой причине невозможно экспериментальным или расчетным способом получить истинные характеристики погрешности измерений.
4-а	К расчетным методам оценивания погрешности измерений относят и имитационное моделирование нестабильности метрологических характеристик средств измерений, влияния внешних факторов и динамики изменений измеряемой величины на погрешность измерений.
5-в	Расчетные методы оценивания погрешности измерений используют в тех случаях, когда нет условий для применения экспериментальных методов. Кроме того, расчетные методы оценивания погрешности измерений предпочтительны при наличии исходной информации, достаточной для получения результатов расчета с необходимой точностью. Чем полнее и конкретнее исходные данные, тем точнее результаты расчета погрешности измерений, тем ближе полученные при расчете характеристики погрешности измерений к действительным характеристикам. Корректные методы расчета погрешности измерений требуют подробной исходной информации о характеристиках случайных и систематических составляющих погрешностей средств измерений и вспомогательных устройств, о частотных спектрах измеряемой и внешних влияющих величин. Такими сведениями в большинстве случаев те, кто аттестуют МВИ, не располагают. Ограниченная исходная информация приводит к определенной неточности результатов расчета погрешности измерений.

Продолжение таблицы 3

Ответ	Пояснения
6-б	Экспериментальные методы оценивания погрешности измерений могут быть применены при выполнении следующих условий: имеются средства измерений контролируемой величины с погрешностью, которую можно считать несущественной в реальных условиях эксперимента по оцениванию погрешности измерений; - имеется возможность создать все существенные комбинации внешних влияющих величин и значений самой измеряемой величины, характерные для разрабатываемой МВИ.
7-б	Статистическая оценка характеристики погрешности измерений отражает близость уже полученного результата (результатов) измерений к истинному значению измеряемой величины. Таким образом, статистические оценки справедливы только для тех условий, в которых выполнялся эксперимент или расчетно-экспериментальная процедура. Обычно статистическая оценка погрешности измерений выражается оценками нижней и верхней границ (доверительным интервалом), в пределах которых с доверительной вероятностью $P_{\text{дов}}$ находится погрешность измерений. Статистическая оценка характеристики погрешности измерений обычно приводится в отчете об исследованиях, в процессе выполнения которых используют разработанные для данных исследований специальные измерительные процедуры или неаттестованные МВИ, в отчете о некоторых метрологических НИР.
8-а	При нормировании пределов допускаемых значений относительной δ_{ij} абсолютной Δ_{ij}, приведенной γ_{ij} i-ой дополнительной погрешности при наибольших отклонениях j-ой внешней влияющей величины от нормального значения оценка границы составляющей относительной погрешности, вызываемой j-ой внешней влияющей величиной вычисляется следующим образом: $\bar{\delta}_{ij} = \delta_{ij} = \frac{\Delta_{ij}}{X_{\text{ном}}} 100 = \gamma_{ij} \frac{X_v - X_n}{X_{\text{ном}}}$ где $X_{\text{ном}}$ - заданное или номинальное (среднее) значение измеряемой величины, для которого рассчитывается погрешность измерений; $X_v - X_n$ - верхний и нижний пределы измерений i-го средства измерений (в тех же единицах, что и $X_{\text{ном}}$).

Продолжение таблицы 3

Ответ	Пояснения
9-б	Использование среднего значения результатов многократных измерений. Этот способ применяют при существенной и относительно высокочастотной случайной составляющей погрешности измерений. При этом необходимо убедиться, что погрешности результатов однократных измерений независимы или слабо коррелированы. Одним из типичных способов уменьшения погрешности измерений является внесение в результаты измерений поправок, если систематическая составляющая погрешности существенна и незначительно изменяется в течение интервала времени действия поправки. Например, при измерениях температуры с помощью термодатчиков их погрешности составляют основную часть погрешности измерений. Погрешности термодатчиков после года их эксплуатации изменяются очень медленно. Поэтому для повышения точности в результаты измерений могут вводиться поправки на отклонения характеристик конкретных термодатчиков от номинальных значений. Эти поправки могут быть получены при периодических поверках (калибровках) термодатчиков. Такой способ уменьшения погрешности измерений можно признать корректным и эффективным.
10-б	Результаты расчета целесообразно выражать в виде границ составляющих относительной погрешности. Если заданное или номинальное (среднее) значение измеряемой величины равно или близко к 0, то рассчитываются границы составляющих абсолютной погрешности в единицах измеряемой величины.
11-б	В зависимости от использования и способа получения погрешность измерений может быть указана в следующем виде: 1) нормы погрешности измерений или нормы точности измерений (требований к погрешности измерений). Требования к погрешности измерений обычно выражаются следующим образом: «Погрешность измерений не должна выходить за границы $+A$; $-B$ с вероятностью P» или «СКО погрешности измерений не должно превышать D»; 2) если заданная вероятность $P = 1$ и границы A и B по модулю равны, то требования к погрешности измерений указываются следующим образом: «Предел допускаемых значений погрешности измерений A». Границы A и B могут указываться в виде абсолютных значений (в единицах измеряемой величины) или относительных значений (в % от значения измеряемой величины). Нормы погрешности измерений указываются в техническом задании на разработку методики выполнения измерений (МВИ), в

Продолжение таблицы 3

Ответ	Пояснения
	технических условиях в качестве требований к точности измерений при контроле и испытаниях продукции и в других нормативных документах. Приписанная характеристика погрешности измерений - это характеристика погрешности любого результата измерений, полученного при соблюдении требований и правил данной МВИ. Приписанная характеристика погрешности измерений указывается в документе на МВИ. Обычно приписанное значение погрешности измерений выражается в виде модуля границ, в пределах которых погрешность измерений находится с вероятностью, практически равной 1. При этом эта вероятность не указывается. Если норма погрешности измерений выражается «...погрешность измерений НЕ ДОЛЖНА ПРЕВЫШАТЬ», то приписанная характеристика выражается «...погрешность измерений НЕ ПРЕВЫШАЕТ ...».
Раздел 3	
1-б	В случае положительных результатов аккредитации аккредитующая организация выдает метрологической службе аттестат с приложением области аккредитации (виды и области измерений, назначение и области применения аттестуемых МВИ), срок действия которого устанавливается не более 5 лет.
2-а	Аккредитация метрологических служб осуществляется по их инициативе на основе договоров, заключаемых с аккредитующими организациями.
3-а	До последнего времени в нормативных документах ГСИ не было определения аттестации МВИ, нет его и в Законе «Об обеспечении единства измерений». Среди некоторых метрологов и сейчас имеют место два толкования процедуры аттестации для средств измерений и МВИ. Одно из них в соответствии с РМГ 29-99 (его положения являются рекомендательными) определяет аттестацию как исследования метрологических характеристик средств измерений с выдачей полученных результатов. Второе толкование аттестации (на основе положений раннее действовавшего ГОСТ 8.326-89) - это не только определение метрологических характеристик, но и установление пригодности средств измерений к использованию по назначению. В ГОСТ Р 8.563-96 принято второе «усиленное» определение. Аттестация МВИ - это установление и подтверждение

Продолжение таблицы 3

Ответ	Пояснения
	соответствия МВИ предъявленным к ней метрологическим требованиям. В этом определении даны 3 компонента процедуры аттестации: - исследования; - определение соответствия; - «юридическое» оформление последнего. Необходимо отличать аттестацию от метрологических исследований МВИ. Метрологические исследования - часть процедуры аттестации МВИ. В результате метрологических исследований устанавливают метрологические характеристики (в том числе погрешность измерений), а при аттестации на основе результатов метрологических исследований делается вывод о соответствии МВИ заданным метрологическим требованиям или приписанным характеристикам (регламентированным в документе на МВИ).
4-а	Аттестации подвергают в обязательном порядке МВИ, применяемые в сфере распространения государственного метрологического контроля и надзора, а также для контроля состояния сложных технических систем, на которые распространяется ГОСТ Р 22.2.004-94 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные аварии и катастрофы. Метрологическое обеспечение контроля состояния сложных технических систем. Основные положения и правила». Сложная техническая система (СТС) - техническая система (объект), представляющая собой совокупность взаимодействующих, функционально самостоятельных подсистем, предназначенных для достижения общей (конкретной) цели. ГОСТ Р 22.2.04-94 распространяется на СТС, в которых может возникнуть источник чрезвычайной ситуации или чрезвычайная ситуация при воздействии внешнего источника.
5-а	Аттестацию МВИ, применяемых в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора, осуществляют: - государственные научные метрологические центры (ГНМЦ); - органы Государственной метрологической службы; - метрологические службы и иные организационные структуры по обеспечению единства измерений, аккредитованные на право аттестации МВИ; - ГНИИИ Минобороны России. Аттестацию МВИ, применяемых вне сфер распространения

Продолжение таблицы 3

Ответ	Пояснения
	государственного метрологического контроля и надзора, осуществляют: -ГНМЦ; - органы Государственной метрологической службы; - метрологические службы и иные организационные структуры по обеспечению единства измерений предприятий (организаций), разрабатывающих или применяющих МВИ. Если метрологическая служба (структура) выполняет аттестацию МВИ, предназначенную для применения на других предприятиях, то эта метрологическая служба должна быть аккредитована на право аттестации МВИ.
6-б	При экспертизе документа на МВИ, которая будет использоваться в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора, а также для контроля состояния сложных технических систем, необходимо проверить утверждение типов средств измерений. Такая проверка может быть осуществлена по Государственному реестру средств измерений, который находится во ВНИИМС, а в части утвержденных типов стандартных образцов - в УНИИМ Госстандарта России.
7-б	При положительных результатах экспертизы или исследований МВИ документ на МВИ утверждают в установленном порядке. Об аттестации МВИ, изложенной в отдельном документе, в этом документе указывают: "МВИ аттестована _____** (дата)" <i>** - обозначение или наименование предприятия, метрологическая служба которого выполнила аттестацию МВИ, или ГНИИИ Минобороны, ГНМЦ или органа Государственной метрологической службы, выполнившего аттестацию МВИ.</i> Если несколько МВИ изложены в разделах или частях общего документа, то об аттестации МВИ в этом документе указывают: «МВИ (п.п.....) аттестованы _____** (дата)» При положительных результатах аттестации МВИ, применяемой в сфере распространения государственного метрологического контроля и надзора а также для контроля состояния сложных технических систем, дополнительно к указанным записям на документе оформляют свидетельство об аттестации МВИ, рекомендуемая форма которого приводится ниже. Для других МВИ свидетельство об аттестации оформляют по требованию заказчика.

Продолжение таблицы 3

Ответ	Пояснения
8-а	Аккредитацию метрологических служб (структур) предприятий и организаций осуществляют в соответствии с ПР 50.2.013-97 «ГСИ. Порядок аккредитации метрологических служб юридических лиц на право аттестации методик выполнения измерений и проведения метрологической экспертизы документов». Аккредитующими организациями являются: - государственные научные метрологические центры; - органы Государственной метрологической службы Госстандарта России; - ГНИИИ Минобороны России.
9-б	Аттестацию МВИ осуществляют путем метрологической экспертизы документации, теоретических или экспериментальных исследований МВИ. Способ аттестации определяется сложностью МВИ и опытом аттестации аналогичных МВИ.
10-в	Проекты государственных стандартов, в которых излагаются МВИ, предназначенные для применения в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора, должны подвергаться метрологической экспертизе в государственных научных метрологических центрах (ГНМЦ).
Раздел 4	
1-б	К основным задачам метрологической экспертизы документов на МВИ относится анализ наименования измеряемой величины, при котором необходимо обращать внимание на четкость указаний об измеряемой величине. Неопределенность или неоднозначность трактовки величины, подлежащей измерению может привести к большим неучтенным погрешностям измерений.
2-а	Проекты государственных стандартов, в которых излагаются МВИ, предназначенные для применения в сфере распространения государственного метрологического контроля и надзора, должны подвергаться метрологической экспертизе в государственных научных метрологических центрах (ГНМЦ). Данная экспертиза не проводится, если ГНМЦ ранее аттестовал МВИ.
3-б	В документах на МВИ излагают требования и операции из числа установленных ГОСТ Р 8.563-96, обеспечивающие выполнение требований к погрешности измерений или приписанные характеристики погрешности измерений.
4-а	Под МВИ понимают технологический процесс измерений. Поэтому не следует смешивать МВИ и документ на МВИ.

Продолжение таблицы 3

Ответ	Пояснения
	Необходимо отметить различие между МВИ (процедурой) и документом на МВИ.
5-б	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.
6-б	Документы на МВИ, не используемые в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора, подвергаются метрологической экспертизе в порядке, установленном в отрасли или на предприятии. Документы на МВИ (кроме проектов государственных стандартов), применяемые в сфере распространения государственного метрологического контроля и надзора, подвергаются метрологической экспертизе в ГНМЦ в порядке, установленном по согласованию между Госстандартом России и ведомствами либо предприятием и ГНМЦ.
7-б	Метрологическая экспертиза документов на МВИ - это анализ и оценка технических решений по выбору измеряемых величин, установлению требований к точности измерений, выбору методов и средств измерений, их метрологическому обслуживанию. Конкретная цель метрологической экспертизы документа на МВИ - обеспечение точности измерений в соответствии с предъявленными требованиями. При метрологической экспертизе выявляются ошибочные или недостаточно обоснованные решения, вырабатываются рекомендуемые наиболее рациональные решения. Метрологическая экспертиза включает метрологический контроль - проверку документа на соответствие конкретным метрологическим требованиям, регламентированным в стандартах и других нормативных документах. Например, проверка наименований и обозначений указанных в документе на МВИ единиц величин на соответствие требованиям ГОСТ 8.417-2002.
8-а	Следует иметь в виду, что многие МВИ не регламентированы в документах, так как такая регламентация не вызывается объективной потребностью. Для измерений простыми показывающими приборами (давления с помощью манометров, электрических величин с помощью щитовых приборов, линейно-угловых и многих других величин) не требуются документированные МВИ. В этих случаях достаточны лишь указания в конструкторской, технологической или проектной документации типов и

Продолжение таблицы 3

Ответ	Пояснения
	основных метрологических характеристик средств измерений. Такое же положение имеет место при выполнении многих измерений с помощью автоматических или автоматизированных средств измерений (ИИС, ИВК, информационной подсистемы АСУ ТП и т.п.). МВИ в таких ИИС «защиты» в алгоритмах и программном обеспечении. При испытаниях для целей утверждения типа ИИС их алгоритмы и программы апробируют. Поэтому МВИ, процедуры которых реализованы в алгоритмах и программах, апробированных при испытаниях ИИС, не требуют дополнительной регламентации в документах. Вместе с тем, для использования ИИС (ИВК) совместно с датчиками на конкретном объекте программное обеспечение разрабатывается для этого объекта. Алгоритмы и программы могут быть аттестованы согласно МИ 2174-91 «ГСИ. Аттестация алгоритмов и программ обработки данных при измерениях. Основные положения». Если такая аттестация проведена и погрешности измерений не содержат составляющих кроме инструментальных и алгоритма, то нет необходимости в документах на МВИ конкретных измеряемых величин в такой системе. Однако, результаты измерений некоторых величин в таких системах с датчиками могут сопровождаться личностными погрешностями при отборе и приготовлении пробы, вводе исходных данных о сырье, энергоносителях и тому подобных величинах, а также неучтенными в алгоритме вычислений некоторыми методическими составляющими погрешности измерений. Поэтому для таких измеряемых величин может возникнуть необходимость разработки документов на соответствующие МВИ и последующей их аттестации. Необходимость регламентации МВИ в соответствующем документе может устанавливать разработчик конструкторской, технологической или проектной документации при возможной существенной методической составляющей или личностной составляющей погрешности. По этим причинам многие МКХА, в которых основные операции выполняет лаборант, регламентированы в соответствующих документах. Регламентацию МВИ в документе может потребовать заказчик или потребитель при разработке продукции или объекта, о чем целесообразно указывать в техническом задании. Необходимо иметь в виду, что при отсутствии документа на МВИ ее аттестация невозможна.

Список использованных источников

- 1 Закон Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений». – М.: Ось-89, 2002.
- 2 ГОСТ Р 8.563-96 Государственная система обеспечения единства измерений. Методики выполнения измерений. Введ. 01.07.97 – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. – 23с.
- 3 ГОСТ 8.051-81 Государственная система обеспечения единства измерений. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм. Введ. 01.01.82 – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 12с.
- 4 РМГ 29-99 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные Термины и определения. М.: Изд-во стандартов, 2000. – 44с.
- 5 ГОСТ 8.009-84 Государственная система обеспечения единства измерений. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений. Введ. 01.01.86 – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 39с.
- 6 ГОСТ 16350-80 Климат СССР. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей. Введ. 01.07.81 – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 93с.
- 7 ГОСТ 8.417-2002 Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин. Введ. 01.09.03 – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003. – 31с.
- 8 ГОСТ Р 22.2.04-94 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные аварии и катастрофы. Метрологическое обеспечение контроля состояния сложных технических систем. Основные положения и правила. Введ. 01.01.96 – М.: Изд-во стандартов, 1997. – 15с.
- 9 ГОСТ 27384-2002 Вода. Нормы погрешности измерений показателей состава и свойств. Введ. 01.01.04 – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2004. – 9с.
- 10 ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 1. Основные положения и определения. Введ. 01.11.02 – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. – 34с.
- 11 ГОСТ Р ИСО 5725-2-2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 2. Основной метод определения повторяемости и воспроизводимости стандартного метода измерений. Введ. 01.11.02 – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. – 51с.
- 12 ГОСТ Р ИСО 5725-3-2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 3. Промежуточные показатели прецизионности стандартного метода измерений. Введ. 01.11.02 – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. – 39с.
- 13 ГОСТ Р ИСО 5725-4-2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 4. Основные

методы определения правильности стандартного метода измерений. Введ. 01.11.02 – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. – 32с.

14 ГОСТ Р ИСО 5725-5-2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 5. Альтернативные методы определения прецизионности стандартного метода измерений. Введ. 01.11.02 – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. – 60с.

15 ГОСТ Р ИСО 5725-6-2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 6. Использование значений точности на практике. Введ. 01.11.02 – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. – 51с.

Приложение А

(справочное)

Рекомендуемая форма свидетельства об аттестации МВИ

Наименование и реквизиты организации (предприятия), проводившей аттестацию

СВИДЕТЕЛЬСТВО

об аттестации МВИ

Методика выполнения измерений _____
наименование измеряемой величины;

при необходимости указывают объект и метод измерений

разработанная _____
наименование организации (предприятия), разработавшей МВИ

и регламентированная в _____
обозначение и наименование документа

аттестована в соответствии с ГОСТ Р 8.563.

Аттестация осуществлена по результатам _____

вид работ: метрологическая экспертиза материалов по разработке МВИ, теоретическое или экспериментальное исследование МВИ, другие виды работ

В результате аттестации МВИ установлено, что МВИ соответствует предъявляемым требованиям и обладает следующими основными метрологическими характеристиками:

диапазон измерений, характеристики погрешности измерений (при необходимости ее составляющих, а также нормативы контроля точности результатов измерений и т.п.)

Руководитель организации (предприятия) _____
(личная подпись) (расшифровка подписи)

дата

печать