Всероссийский научно-исследовательский институт

метрологической службы

(ВНИИМС)

РЕКОМЕНДАЦИИ

Государственная система обеспечения единства измерений. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Основные положения.

МИ 2233-2000

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

РАЗРАБОТАНА Всероссийским научно-исследовательским институтом метрологической службы (ВНИИМС)

ИСПОЛНИТЕЛИ Н.П. Миф, канд. техн. наук (руководитель темы)

УТВЕРЖДЕНА ВНИИМС 01.01.2000

ЗАРЕГИСТРИРОВАНА ВНИИМС

ВЗАМЕН МИ 2233-92

Номер документа Пункт рекомендаций

ПР 50.2.006-94	3.2.
РД 50-98-86	3.
МИ 2179-91	2.3.
МИ 2232-2000	2.8.
МИ 1967-89	3

Настоящие рекомендации устанавливают основные положения обеспечения эффективности измерений, выполняемых в технологических процессах для контроля, диагностики, учета количества, оптимизации режимов и реализации других функций управления, в том числе в АСУТП.

Настоящие рекомендации могут быть использованы при разработке методических документов по проведению различных метрологических работ (метрологической экспертизе документации, оцениванию погрешности измерений в технологических процессах, выборе средств измерений и разработке системы их метрологического обслуживания и т.п.).

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.

1.1. Измерения могут считаться эффективными, если их результаты обеспечивают необходимое качество реализации функций управления технологическими процессами и затраты на измерения, включая метрологическое обслуживание средств измерений, минимальны.

1.2. Для обеспечения эффективности измерений необходимо:

- реализовать условия обеспечения единства измерений, т.е. предел погрешности измерений должен быть известен (оценен) и результаты измерений должны быть выражены в узаконенных единицах;

- при установлении необходимой точности измерений, разработке и аттестации методик, выборе средств измерений, методов их метрологического обслуживания, решении других метрологических задач учитывать связи измеряемых параметров с производительностью технологического оборудования, себестоимостью и качеством продукции, безопасностью труда и экологической безопасностью;

- учитывать экономические потери и другие неблагоприятные последствия из-за погрешности измерений как в сфере производства так и в сфере использования продукции.

1.3. При обеспечении эффективности измерений в технологических процессах большинство метрологических задач решается приближенно из-за ограниченности возможностей применения корректных метрологических методов и средств. В этой связи в случаях, когда неточность оценок погрешности измерений может привести к существенным потерям, целесообразно оценить неточность, степень недостоверности получаемых результатов.

мым такая информация будет способствовать эффективности измерений.

1.4. В качестве характеристики погрешности измерений наиболее часто используется модуль симметричных границ интервала, в котором с вероятностью, близкой к 1, находятся реализации погрешности измерений. При этом принимается, что из результата измерений исключены известные систематические составляющие погрешности измерений, а неисключенные систематические составляющие учитываются как случайные.

В дальнейшем изложении в настоящих рекомендациях используется эта характеристика погрешности измерений без указания того, что принятое значение вероятности при практических расчетах равно 1.

2. ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ.

При отсутствии требований к точности измерений конкретных технологических параметров рекомендуется использовать следующие положения.

2.1. Точность измерений соответствует требованию обеспечения эффективности измерений, если минимизирована та часть себестоимости (издержек) производства (использования) продукции, которая зависит от погрешности измерений, т.е. если достигнут минимум суммы затрат на измерения и потерь из-за погрешности измерений (погрешность измерений оптимальна в экономическом аспекте).

2.2. Указанная часть себестоимости производства продукции включает затраты на измерения, в том числе затраты на метрологическое обслуживание средств измерений, и потери, вызываемые погрешностью измерений (потери из-за брака контроля, отклонений режима от оптимального, неверного срабатывания аварийной зашиты и блокировки, несвоевременного вывода оборудования в ремонт и т.п.).

В ряде случаев погрешность измерений может вызывать не только изменение указанной части себестоимости продукции, но и изменение технико-экономических показателей у потребителей продукции. Например, погрешность измерений при контроле качества продукции может привести к пропуску части негодной продукции (и соответственно к снижению себестоимости ее производства) и в то же время это может привести к увеличению расходов у потребителя продукции. В таких ситуациях необходимо рассматривать часть себестоимости производства и использования продукции, связанную с погрешностью измерений.

2.3. При больших потерях из-за погрешности измерений наиболее важного параметра (п.2.5.) или при больших затратах на измерения, например целесообразно выполнить оптимизацию точности измерений по экономическому критерию.

Методика комплекса таких работ изложена в МИ 2179-91 «ГСИ. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Оптимизация точности измерений по экономическому критерию».

2.4. Составляющие указанной выше части себестоимости продукции, особенно потери из-за погрешности измерений, определяются весьма ориентировочно, это вызвано тем, что исходная информация для аналитического решения такой задачи весьма скудна, а экспериментальное определение указанных потерь практически невозможно.

В этой связи может быть определен лишь диапазон значений границ погрешности измерений, который соответствует удовлетворительному уровню эффективности измерений. Данный диапазон характеризует неопределенность в решении вопроса о необходимой точности измерений.

Экономические потери и другие неблагоприятные последствия из-за такой неопределенности различны для разных измеряемых технологических параметров и тем больше, чем больше затраты на измерения и потери из-за погрешности измерений.

2.5. Для рациональной процедуры работ по обеспечению эффективности измерений, в том числе по оптимизации точности измерений, целесообразно выделить наиболее важные измеряемые параметры. К наиболее важным могут быть отнесены параметры, используемые для контроля характеристик готовой продукции, реализации функций аварийной защиты и блокировки, контроля за соблюдением требований техники безопасности и экологической безопасности, для обеспечения взаимных расчетов и определения важнейших технико-экономических показателей, для оптимизации режимов технологических процессов и координации потоков сырья, продукции, энергии, когда неоптимальность режима иди нескоординированность потоков могут привести к значительным потерям.

Для этой группы параметров целесообразно использовать наиболее корректные метрологические методы, несмотря на их сравнительно большую трудоемкость.

2.6. Погрешность измерений наиболее важных измеряемых параметров может считаться соответствующей обеспечению эффективности измерений, если удовлетворяется следующее условие:

$0,15 < З/П < 15,$

где: З - затраты на измерения за расчетный период (например, среднегодовые приведенные затраты);

П - потери из-за погрешности измерений за тот же расчетный период.

Если $З/П<0,15$, то погрешность измерений необходимо уменьшить, при этом соответствующие мероприятия будут экономически оправданы, а экономический эффект будет тем больше, чем больше потери П.

Если $З/П > 15$, то погрешность измерений может быть увеличена за счет применения менее точных и дорогих средств измерений или (и) упрощения их метрологического обслуживания; при этом экономический эффект будет тем больше, чем больше затраты З.

Примечание: границы указанного неравенства установлены исходя из квадратичной функции связи потерь с погрешностью измерений и обратной зависимости затрат на измерения с погрешностью измерений, а также с учетом практически возможных отклонений от этих функций.

Для наиболее важных параметров, для которых практически невозможно определить потери из-за погрешности измерений, точность измерений может быть признана удовлетворяющей требованиям обеспечения эффективности измерений при выполнении следующего условия:

$$0,2 < \delta/\delta Д < 0,7 ,$$

где: δ - граница относительной погрешности измерений (без учета знака);

$\delta Д$ - граница относительного значения допускаемого отклонения измеряемого параметра от номинального значения либо относительное значение половины интервала допускаемых значений измеряемого параметра (без учета знака).

2.7. Для параметров, не относящихся к наиболее важным, точность измерений может быть признана удовлетворяющей требованиям обеспечения эффективности измерений при выполнении следующего условия:

$0,3 < \delta/\delta Д < 1.$

Примечание к п.п. 2.6. и 2.7.: если номинальное значение измеряемого параметра равно или близко к 0, то вместо отношения $\delta/\delta Д$ необходимо использовать отношение соответствующих значений абсолютной погрешности $\Delta/\Delta Д$.

2.8. При оценивании погрешности измерений параметров целесообразно использовать рекомендации МИ 2232-2000 «ГСИ. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами, оценивание погрешности измерений при ограниченной исходной информации».

3. ВЫБОР МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ПО ТОЧНОСТИ.

Методы и средства измерений выбирают в соответствии с МИ 1967-89, методическими указаниями по использованию конкретных типов средств измерений (например, РД 50-98-96) и настоящими рекомендациями.

3.1. При выборе методов и средств измерений по точности необходимо исходить из заданных требований к точности измерений, а при их отсутствии из необходимой точности измерений, определенной в соответствии с разделом 2.

3.2. Многие параметры, не относящиеся к наиболее важным, измеряются с большим запасом по точности. Это вызвано отсутствием выпуска средств измерений широкого применения с большими допускаемыми погрешностями.

Так ежегодно выпускаются миллионы технических манометров классов точности 1,5 и 2,5. Вместе с тем, для удовлетворительного управления и контроля большинства технологических процессов измерения давления в различных точках могут выполняться с погрешностью, в несколько раз превышающей погрешность манометров класса точности 1,5 и 2,5. Такая же ситуация характерна для измерений с помощью многих типов щитовых электроизмерительных приборов, целого ряда типичных измерительных каналов ИИС и АСУТП, других средств измерений.

В подобных случаях целесообразно применить положения ПР 50.2.006-94 «ГСИ. Порядок проведения поверки средств измерений. Организация и порядок проведения», которые позволяют устанавливать в технической документации предприятий соответствующие метрологические требования к средствам измерений, не подлежащим обязательной государственной поверке. При этом на предприятии необходим учет экземпляров средств измерений с «привязкой» к конкретным точкам технологического процесса или измерительным каналам ИИС или АСУТП. В таких случаях выигрыш в метрологической надежности очевиден.

3.3. Некоторые параметры измеряются косвенными методами, которым присущи методические составляющие погрешности измерений. При определении доли допускаемой погрешности средств измерений в общей погрешности можно исходить из квадратического суммирования границ составляющих. Это же допущение может быть использовано для суммирования погрешностей отдельных средств измерений в измерительных каналах ИИС или АСУТП. Такое допущение приходится применять из-за нормирования пределов основной и дополнительных погрешностей, а не их дисперсий (СКО) и матожиданий, что характерно для подавляющего большинства широко применяемых типов средств измерений.

Арифметическое суммирование составляющих погрешности в большинстве случаев приводит к чрезмерно завышенным оценкам погрешности измерений и решения на основе таких оценок приводят к неоправданным затратам или потерям.

3.4. Во многих системах управления технологическими процессами имеет место структурная и временная информационная избыточность. Использование информационной избыточности для целей повышения точности измерений позволяет снизить требования к точности применяемых средств измерений.

3.4.1. Структурная избыточность измерительной информации образуется за счет измерений взаимосвязанных параметров.

Можно указать на две типичные формы связи параметров:

- значение одного параметра равно сумме значений других (типичная связь общего расхода материального или энергетического потока с расходами потоков в разветвлениях одной системы трубопроводов или сети);

- значение одного параметра является функцией значения другого. В качестве примера связи первого типа можно привести систему измерений расхода природного газа, поступающего на предприятие и в отдельные цеха. В такой системе общий расход газа может определяться тремя способами:

- по показаниям общего расходомера,

- по сумме показаний расходомеров в каждом цехе,

- по половине суммы показаний общего расходомера и расходомеров в каждом цехе.

При одинаковых пределах относительной погрешности всех расходомеров (при одинаковых классах точности) наибольшей точностью измерений будет обладать последний способ, а наименьшей точностью первый.

3.4.2. Временная избыточность измерительной информации образуется за счет определенной зависимости (корреляции) последовательных результатов измерений, так как часто интервал времени затухания автокорреляционной функции изменения параметра больше интервала времени между измерениями текущих значений.

Могут иметь место случаи, когда интервал усреднения результатов измерений текущих значений меньше интервала времени затухания автокорреляционной функции изменения параметра и при этом в несколько раз больше интервала времени затухания автокорреляционной функции случайной погрешности измерений (частота изменения погрешности измерений существенно выше частоты изменения параметра). В этих случаях измеренные средние значения будут отражать практически изменения параметра и в то же время их погрешность при незначительных систематических составляющих будет существенно меньше погрешности измерений текущих значений.

3.5. При выборе по точности средств измерений целесообразно принимать во внимание возможность исключения из результатов измерений систематических составляющих погрешности конкретных экземпляров средств измерений.

Для некоторых типов средств измерений характерна доминирующая систематическая составляющая погрешности, изменения которой можно обнаружить только через длительный интервал времени. Систематическая медленноменяющаяся составляющая погрешности может быть определена при периодической поверке средств измерений и исключена из результатов измерений путем внесения соответствующей поправки.

Так внесение подобной поправки для термопар вместе с термокомпенсационными удлиняющими проводами уменьшает погрешность измерения температуры в 2-3 раза. Определение поправок в этих случаях может производиться один раз в год.

4. СИСТЕМА КОНТРОЛЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ПРИГОДНОСТИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ.

4.1. Метрологическая пригодность средств измерений в процессе их эксплуатации - это такое состояние средств измерений, при котором их метрологические характеристики обеспечивают необходимое качество реализации технологических процессов и функционирования систем управления ими.

4.2. Метрологическая пригодность средств измерений в конкретных точках технологических процессов характеризуется одним или несколькими из следующих признаков:

- характеристики продукции соответствуют установленным требованиям;

- обеспечивается размерная и функциональная взаимозаменяемость деталей, узлов и составных частей изделий;

- режимы технологических процессов соответствуют заданным;

- расходы сырья, материалов, топлива, энергии на единицу продукции не превышают установленных норм;

- расхождения (невязки) в результатах измерений общего расхода ресурсов предприятием и суммы расходов этих ресурсов отдельными цехами (либо в другой системе измерений потоков ресурсов) не превосходят допускаемых значений;

- обеспечиваются условия техники безопасности и безвредности производства и защиты окружающей среды от вредных выбросов.

4.3. Рекомендуемые способы обнаружения метрологической непригодности средств измерений:

а) по результатам периодической поверки средств измерений, в том числе с помощью встроенных образцовых мер и устройств;

б) по результатам тестирования систем управления или их составных частей;

в) по невязкам в балансе материальных и энергетических потоков (для средств измерений расхода, массы, энергии и т.п.);

г) по расхождениям показаний дублирующих средств измерений или приведенных значений взаимосвязанных параметров;

д) по выходу измеренных значений параметра за пределы установленных границ при нормальном протекании технологического процесса, что фиксируется по показаниям средств измерений других параметров;

е) по превышению скорости изменения результатов измерений максимально возможной скорости изменения параметра.

В отдельных системах управления технологическими процессами могут быть реализованы другие способы контроля метрологической пригодности средств измерений в процессе их эксплуатации.

4.4. Систему контроля метрологической пригодности средств измерений в процессе их эксплуатации целесообразно формировать с учетом всей информации, прямо или косвенно характеризующей точность измерений и состояние средств измерений, а способы контроля должны выбираться исходя из значимости измеряемых параметров.

4.4.1. Для средств измерений наиболее важных параметров (п.2.5.) поверка, выполняемая традиционными способами или с помощью встроенных средств (н.4.3.а), должна быть обязательной. Положительные результаты контроля метрологической пригодности средств измерений, осуществляемые любым способом, указанным в п. 4.3.6, в, г, могут служить предпосылкой к увеличению межповерочного интервала.

Отрицательные результаты такого контроля дают основания для внеочередной поверки или сокращения межповерочного интервала.

Если результаты контроля метрологической пригодности средств измерений, полученные одним или несколькими способами (п. 4.3. б, в, г), отрицательны, а результаты последующей поверки характеризуют метрологическую пригодность, то необходимо искать причину разных результатов контроля в методических составляющих погрешности измерений или в других источниках, не связанных с состоянием средств измерений.

4.4.2. Наиболее надежным способом контроля метрологической пригодности средств измерений параметров, не относящихся к наиболее важным, но измеряющих параметры основного технологического оборудования, качественных и количественных характеристик готовой продукции, является поверка. Вместе с тем, плановая поверка средств измерений этой группы может не проводиться, если имеется возможность реализовать одновременно два способа контроля:

- по невязке баланса потоков (п. 4.3.в);

- по результатам измерений дублирующими приборами или взаимосвязанных параметров (п. 4.3.г).

Отрицательные результаты контроля одним из этих способов могут служить предпосылкой внеочередной поверки.

4.4.3. Контроль метрологической пригодности средств измерений параметров, не относящихся к наиболее важным и измеряющих параметры вспомогательного оборудования, а также используемых в промежуточном контроле, может осуществляться как с помощью поверки, так и одним из способов, приведенных в п. 4.3. в, г. Отрицательные результаты контроля способами, указанными в п. 4.3. б, д, е, могут быть использованы как предпосылки для внеочередной поверки или контроля метрологической исправности средств измерений способами, указанными в п. 4.3. в, г.

4.4.4. Нередко часть средств измерений (щитовые вольтметры, технические манометры, тягомеры, напоромеры, некоторые дифманометры и т.п.) применяют как индикаторы наличия напряжения или давления, для индикации перетоков среды и других состояний технологического процесса и оборудования. Средства измерений подобного применения могут быть переведены в индикаторы и такие их метрологические характеристики, как погрешность и ряд других, могут не контролироваться.

Контроль работоспособности средств измерений, переведенных в индикаторы, может осуществляться любым способом, указанным в п. 4.3.б, д, е.