РЕКОМЕНДАЦИЯ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

МИ 2021—89

Москва
КОМИТЕТ СТАНДАРТИЗАЦИИ И МЕТРОЛОГИИ СССР
1991

gost.e-ecolog.ru

УДК 389.14 Группа Т80

РЕКОМЕНДАЦИЯ

ГСИ. МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

МИ 2021—89

Основные положения

Дата введения 01.08.91

Настоящая рекомендация распространяется на гибкие производственные системы (ГПС), в том числе приобретенные по импорту, и устанавливает основные положения их метрологического обеспечения (МО). Рекомендация может быть распространена на оборудование с числовым программным управлением и автоматизированные производства.

Пояснение примененных терминов приведено в приложении 1.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. МО ГПС — это установление и применение научных и организационных основ, технических средств и систем, а также программных средств с нормированными характеристиками, правил и норм, необходимых для достижения единства и точности измерений, в том числе, осуществляемых при контроле, диагностировании, управлении и других операциях в ГПС.

1.2. Технические средства и системы с нормированными характеристиками (ТССНХ) совместно с соответствующими программными средствами с нормированными характеристиками (ПСНХ) реализуют в ГПС следующие функции:

автоматизированный (автоматический) контроль, измерения, например, параметров сырья, материалов, полуфабрикатов, заготовок, технологического процесса, инструментов, условий, в том числе, технологической среды, а также параметров продукции ГПС;

техническое диагностирование технологического оборудования;

автоматизированное (автоматическое) управление и коррекцию;

мер физических величин, в том числе, при позиционировании;

другие функции.

© Издательство стандартов, 1991

1.3. Технические средства и системы с нормированными характеристиками

1.3.1. ТССНХ подразделяются на внутренние (встроенные) и внешние (автономные).

1.3.2. Основой технических систем с нормированными характеристиками могут являться: средства преобразования сигналов; образцовые средства измерений; комплексы измерительно-вычислительные; средства автоматизации системного применения; средства измерений и средства автоматизации агрегатные; приборы регулирующие; другие средства.

1.3.3. В качестве ТССНХ могут быть использованы: измерительные информационные системы; контрольно-измерительные машины; контрольно-измерительные роботы и другие средства измерений (СИ).

1.3.4. В состав ТССНХ могут входить компоненты технологического оборудования, инструментов, изделий, технологической среды.

1.3.5. ТССНХ могут быть приписаны метрологические или точностные характеристики.

Примечание. ТССНХ, являющиеся СИ, имеют метрологические характеристики по ГОСТ 8.009 и ГОСТ 23222. ТССНХ, не относящиеся к средствам измерений, могут иметь точностные характеристики. В частности, оборудованию, например, узлам станков, приписываются точностные характеристики по ГОСТ 8, а средствам автоматизации оборудования — по ГОСТ 12997 и ГОСТ 23222.

1.4. Программные средства

1.4.1. Программные средства подразделяются на прикладные и системные.

1.4.1.1. Прикладные ПСНХ реализуют алгоритмы:

выполнения процедур измерений, включая обработку результатов измерений, аттестации ТССНХ и проверки их метрологической исправности.

1.4.1.2. Системные программные средства реализуют алгоритмы:

изменения и дополнения состава прикладных ПСНХ,

управления потоками измерительной информации, поступающей от ТССНХ,

управления работой прикладных ПСНХ.

1.5. ТССНХ и ПСНХ на всех стадиях жизненного цикла ГПС подлежат МО. Осуществлять МО рекомендуется:

силами метрологических служб — для средств с нормированными метрологическими характеристиками, с участием и при методическом руководстве метрологических служб — для средств с нормированными точностными характеристиками.

1.6. Измерения, в том числе осуществляемые при контроле, диагностировании и других операциях в ГПС, должны выполняться в нормальных условиях (унифицированных, расширенных или смещенных) или результаты измерений должны приводиться к ним.

Требования к нормальным условиям установлены в методических указаниях МИ 1888.

2. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТ ПО МО ГПС

2.1. МО на этапе проектирования ГПС включает:

МО при подготовке проекта технического задания (ТЗ) и его метрологическую экспертизу;

МО при подготовке конструкторской, технологической и программной документации, включая документацию на МО ГПС в процессе эксплуатации, и метрологическую экспертизу названной документации.

2.1.1. МО при подготовке проекта ТЗ заключается в учете требований метрологии при выборе подлежащих определению физических величин и параметров, характеризующих ГПС;

в нормировании характеристик ГПС;

в установлении терминов и определений, относящихся к МО;

в анализе возможностей обеспечения соответствия между точностными характеристиками планируемой к изготовлению продукции, точностными характеристиками оборудования, а также метрологическими характеристиками средств измерений, точностными характеристиками средств контроля, диагностирования и других средств, включая ПСНХ, с учетом предполагаемых условий эксплуатации.

Результатом анализа являются выводы о возможности обеспечения указанных характеристик при оговоренных в техническом задании требованиях и ограничениях.

2.1.2. МО при подготовке конструкторской, технологической и программной документации заключается в учете требований метрологии при выборе перечня величин и параметров, подлежащих измерению, контролю, диагностированию, используемых для управления и других операций в ГПС;

выборе перечня требуемых метрологических и точностных характеристик ТССНХ и ПСНХ;

выборе или разработке технических средств и систем с требуемыми метрологическими и точностными характеристиками, в которых предусмотрена проверка метрологической исправности при эксплуатации;

выборе или разработке и аттестации алгоритмов, реализующих операции, которые должны осуществляться с помощью ПСНХ (с учетом планируемой номенклатуры продукции). Пояснения, касающиеся требований к ПСНХ, приведены в приложении 3;

выборе или разработке методик аттестации ТССНХ, алгоритмов и — при необходимости — методик выполнения проверки метрологической исправности ТССНХ.

Критерием выбора решений или альтернативных разработок является уровень качества продукции, технико-экономическая эффективность, безопасность персонала, охрана окружающей среды.

2.2. МО на этапе изготовления и эксплуатации ГПС.

2.2.1. МО на этапе изготовления ГПС (или ее компонентов) состоит: в обеспечении производственных операций средствами и методиками измерений и контроля; в проверке соответствия средств и условий измерений и контроля установленным в технической документации; в обеспечении метрологической исправности средств измерений и контроля; в проверке выполнения измерений и контроля в соответствии с аттестованными методиками; в аттестации ТССНХ и ПСНХ ГПС; в МО испытаний ГПС.

2.2.2. МО ГПС на стадии эксплуатации ГПС включает:

обеспечение операций измерения с необходимой точностью, проверку метрологической исправности ТССНХ или ТССНХ совместно с ПСНХ;

при изменении номенклатуры продукции МО подготовки конструкторской, технологической и программной документации на планируемую к изготовлению в ГПС продукцию и метрологическую экспертизу указанной документации;

при модернизации ГПС аттестацию ТССНХ и ПСНХ, включаемых в состав ГПС;

периодическую проверку условий измерений, контроля, диагностирования и других операций в ГПС;

МО при техническом обслуживании и ремонте ТССНХ.

2.2.3. Аттестация ТССНХ и ПСНХ, проверка метрологической исправности.

2.2.3.1. Аттестация ТССНХ и ПСНХ подразделяется на 2 этапа: подготовки и проведения.

2.2.3.2. Этап подготовки аттестации включает в себя:

поверку СИ общетехнического назначения, планируемых для использования при аттестации ТССНХ;

аттестацию или поверку внешних ТССНХ;

аттестацию нестандартизованных СИ, предназначенных для использования при аттестации ТССНХ;

аттестацию СИ общетехнического назначения, планируемых для использования при аттестации ТССНХ в условиях, отличных от условий, для которых нормированы их метрологические характеристики;

идентификацию условий измерений, в том числе, осуществляемых при контроле, диагностировании и других операциях;

при необходимости — аттестацию ПСНХ на ЭВМ, не входящей ГПС;

проверку обоснованности решений, принятых на предшествующих этапах МО;

при необходимости, например, при проведении измерений оператором, — аттестацию методик измерений (в том числе осуществляемых при контроле, диагностировании и других операциях);

метрологическую аттестацию документации, по которой осуществляется проверка метрологической исправности ТССНХ.

2.2.3.3. Этап проведения аттестации включает в себя аттестацию внутренних ТССНХ и ПСНХ в ГПС.

2.2.3.4. Аттестация ТССНХ и ПСНХ, как правило, осуществляется совместно.

2.2.3.5. При самостоятельной поставке ПСНХ подлежат обязательной аттестации. Аттестация ПСНХ осуществляется с учетом требований, изложенных в приложении 3. Аттестация ПСНХ рекомендуется также в случаях, когда ТССНХ работает с несколькими ПСНХ.

2.2.3.6. При аттестации ТССНХ совместно с ПСНХ и экономической неоправданности на этапе эксплуатации проверки метрологической исправности ТССНХ совместно с ПСНХ целесообразно проводить дополнительную аттестацию ТССНХ отдельно.

2.2.3.7. Проверка метрологической исправности или аттестация встроенных ТСНХ совместно с ПСНХ, а также проверка метрологической исправности и аттестация встроенных ТССНХ может осуществляться с помощью

транспортируемых образцовых средств измерений;

образцовых средств измерений, связанных с ТССНХ каналами связи (электрическими, оптическими и т. д.);

встроенных средств измерений: образцовых или средств метрологического диагностического контроля (МДК) (см. приложение 2).

2.2.3.8. Во вновь разрабатываемых ГПС для ТССНХ (или ТССНХ совместно с ПСНХ) следует предусматривать возможность их проверки метрологической исправности, а также их аттестации без демонтажа.

2.2.3.9. Проверку метрологической исправности и аттестацию ТССНХ рекомендуется производить комплектно, дополняя при необходимости поэлементным исследованием и исследованием по параметрам продукции.

2.2.3.10. Аттестацию внутренних (встроенных) ТССНХ поэлементно допускается проводить в обоснованных случаях при условии согласования методики с вышестоящей метрологической службой.

2.2.3.11. Установление числа исследуемых при проверке метрологической исправности и аттестации точек по диапазону измерения и числа наблюдений в исследуемых точках производится аналогично описанному в Типовой программе метрологической аттестации информационно-измерительных систем $Т_{пр}$ 66 (приложение 3).

2.2.3.12. При экономической целесообразности аттестация нескольких ТССНХ, участвующих в одном и том же технологическом процессе (например, средств измерения параметров инструмента, параметров обрабатываемых деталей и средств позиционирования в ГПС механообработки), а также проверка их метрологической исправности при данном технологическом режиме может осуществляться на основе данных выходного контроля параметров продукции, изготавливаемой в ГПС.

2.2.3.13. Периодическая проверка метрологической исправнос-

ти ТССНХ может осуществляться по полной и сокращенной программе.

2.2.3.14. Периодическую проверку метрологической исправности по полной программе рекомендуется совмещать с работами по техническому обслуживанию и ремонту оборудования ГПС.

2.2.3.15. Проверка метрологической исправности по сокращенной программе может осуществляться путем контроля лишь важнейших (доминирующих или склонных к быстрому росту) составляющих погрешности, например, посредством МДК.

2.2.3.16. По результатам проверки метрологической исправности ТССНХ, как правило, следует вводить коррекцию в характеристики ТССНХ (при наличии технической возможности).

2.2.3.17. Интервалы между проверками метрологической исправности ТССНХ назначают с учетом информации о процессах изменения метрологических или точностных характеристик ТССНХ на основе одного из следующих критериев оптимизации:

минимума брака продукции при установленных ограничениях на коэффициент технического использования ГПС;

максимума коэффициента технического использования ГПС при установленных ограничениях на процент брака;

минимума суммарных потерь, вызванных браком продукции и ее ложным забракованием, а также простоями ГПС, связанными с потерей работоспособности ТССНХ.

Основы методологии определения периодичности проверки метрологической исправности ТССНХ приведены в приложении 4.

2.2.3.18. Интервалы между проверками метрологической исправности конкретного ТССНХ могут быть увеличены при введении МДК и автоматической коррекции погрешностей по его результатам.

2.2.4. МО при испытаниях ГПС осуществляется при подготовке испытаний и при их проведении.

2.2.4.1. МО при подготовке испытаний включает в себя:

МО программы и методики испытаний и метрологическую экспертизу этих документов;

поверку СИ общетехнического назначения, планируемых для использования при испытаниях;

аттестацию или поверку нестандартизованных СИ, планируемых для использования при испытаниях;

аттестацию СИ общетехнического назначения, планируемых для использования при испытаниях в условиях, отличных от условий, для которых нормированы их метрологические характеристики;

аттестацию ПСНХ для испытаний ГПС;

МО при аттестации средств испытаний.

2.2.4.2. МО при проведении испытаний включает в себя:

аттестацию условий испытаний и контроль за соблюдением этих условий;

проверку правильности применения средств испытаний;

контроль за правильностью применения СИ при испытаниях и обработкой результатов измерений при испытаниях.

3. ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ОРГАНОВ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ ПО МО ГПС

3.1. Головной организацией по МО ГПС в системе Госстандарта СССР является НПО «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева».

3.2. Головная организация решает следующие задачи по МО ГПС: создание научных основ; научно-методическое руководство деятельностью головных (базовых) организаций министерств (ведомств).

3.3. Министерства (ведомства), разрабатывающие ГПС, осуществляют:

координацию и совершенствование МО ГПС, разрабатываемых в отрасли;

разработку отраслевых нормативных и методических документов в области МО ГПС;

внедрение в отрасли нормативных и методических документов в области МО ГПС;

МО ГПС на стадии проектирования;

а также принимают участие в аттестации ТССНХ и ПСНХ, в испытаниях ГПС.

3.4. Министерства (ведомства), изготавливающие ГПС и их компоненты, осуществляют МО на стадии изготовления ГПС и ведут работы по его совершенствованию.

3.5. Министерства (ведомства), эксплуатирующие ГПС, принимают участие в аттестации ТССНХ и ПСНХ и испытаниях ГПС, осуществляют МО ГПС на этапе эксплуатации и ведут работы по его совершенствованию.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Справочное

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Термин	Определение	Примечание
Программные средства с нормированными характеристиками ПСНХ	Алгоритмы и (или) программы, которые имеют нормированные метрологические или точностные характеристики	
Метрологические характеристики ТССНХ и ПСНХ	Характеристики свойств ТССНХ и ПСНХ, оказывающие влияние на результаты измерений	В соответствии с ГОСТ 8.009
Точностные характеристики ТССНХ и ПСНХ	Характеристики свойств ТССНХ и ПСНХ, оказывающие влияние на соответствие реализуемых функций номинальным	В соответствии с ГОСТ 12997
Внутренние (встроенные) ТССНХ	ТССНХ, выполненные в общей конструкции с составными частями технологического оборудования	
Внешние (автономные) ТССНХ	ТССНХ, выполненные отдельно от технологического оборудования	
Техническое диагностирование	Процесс определения технического состояния объектов диагностирования с определенной точностью	По ГОСТ 19919
Метрологическая аттестация ТССНХ и ПСНХ Аттестация ТСНХ и ПСНХ	Исследование ТССНХ и ПСНХ для определения их метрологических и точностных характеристик с документированием результатов исследования	В соответствии с ГОСТ 16263
Алгоритм	Последовательность точно описанных операций, выполняемых в определенном порядке	
Алгоритм измерения	Алгоритм, реализующий измерение	Последовательность математических операций, производимых над поступающими от ТССНХ данных включается в состав алгоритма измерения
Программа	Представление алгоритма в форме, допускающей его непосредственную реализацию на вычислительном устройстве	

Термин	Определение	Примечание
Аттестация алгоритма измерения	Исследование основных метрологических и точностных характеристик алгоритма измерения с документированием результатов исследования	
Проверка метрологической исправности ТССНХ	Установление пригодности ТССНХ к применению	При проверке метрологической исправности ТССНХ может быть определена погрешность, выявлены важнейшие (доминирующие или склонные к быстрому росту) составляющие, приведена коррекция метрологических или точностных характеристик
Комплектная проверка метрологической исправности ТССНХ	Проверка метрологической исправности ТССНХ, при которой определяют погрешности, свойственные ему как единому целому	
Метрологический диагностический контроль МДК	Оперативная оценка предположения о нахождении основных метрологических или точностных характеристик в установленных границах, осуществляемая путем сопоставления сигналов или параметров ТССНХ и их компонентов, равноправных в метрологическом смысле	
Интервал между проверками метрологической исправности ТССНХ	Промежуток времени или наработка между двумя последовательными проверками метрологической исправности ТССНХ	Интервалы между проверками метрологической исправности измеряются в календарном времени, технологических циклах или в единицах производственной продукции
Коэффициент технического использования автоматизированного (автоматического) оборудования	Отношение времени функционирования автоматизированного (автоматического) оборудования за заданный период времени к сумме интервалов времени функционирования и простоев, обусловленных проверками метрологической исправности ТССНХ за этот же период времени	

Термин	Определение	Примечание
Метрологическая исправность ТССНХ	Состояние ТССНХ, определяемое соответствием его нормированных метрологических или точностных характеристик установленным требованиям	В соответствии с МС48

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Рекомендуемое

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНИЧЕСКИМ СРЕДСТВАМ И СИСТЕМАМ С НОРМИРОВАННЫМИ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМИ ИЛИ ТОЧНОСТНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ (ТССНХ) В ГПС

1. ТССНХ должны обеспечивать процесс изготовления продукции установленной номенклатуры заданного качества при минимуме изменяющейся части затрат и результатов (в денежном выражении), обусловленных введением ТССНХ. Статьи изменяющейся части затрат учитывают затраты на технологические операции обработки, контроль изделий, диагностику оборудования. Результаты, обусловленные введением ТССНХ, включают в себя потери от брака, выявленного при контроле, потери, связанные с ложным забракованием, с выплатами по рекламациям, выручку от продажи продукции, уменьшение потерь из-за отказов оборудования при введении диагностики и другие компоненты.

В целях сбора сведений, необходимых для решения задачи оптимизации, должен проводиться регулярный анализ, в том числе статистическая обработка данных об изменении точностных показателей продукции, отклонениях параметров технологии, износе и других нарушениях в работе оборудования. При этом выявляются, в первую очередь, наименее надежные компоненты ГПС и наименее устойчивые параметры технологического процесса.

Примечание. При отсутствии данных, необходимых для решения оптимизационных задач, обусловленных п. 1, и при согласии заказчика допустимы следующие частные решения.

Средства измерения, контроля и управления ГПС должны быть выбраны таким образом, чтобы (с учетом вводимой коррекции) погрешность результата измерений не превышала 30 % от наименьшего допуска по соответствующей величине для продукции, планируемой к изготовлению.

Средства технического диагностирования должны быть подобраны и размещены в соответствии с рекомендациями, вытекающими из расчета надежности ГПС на заданную вероятность безотказной работы оборудования за оговоренный интервал времени.

2. ТССНХ подлежат МО независимо от их назначения, то есть независимо от того реализуют ли они функции автоматизированного (автоматического) контроля, измерения, технического диагностирования, распознавания образов, автоматизированного (автоматического) управления и коррекции мер физических величин (например, при позиционировании) и другие функции.

3. Параметры технологического процесса и компонентов оборудования, изменение которых может привести к превышению допустимого уровня вероятности возникновения аварии, опасной для персонала или окружающей среды, подлежат обязательному автоматическому контролю. При этом должны фор-

мироваться соответствующие управляющие команды и сигнал тревоги для оператора.

4. ТССНХ, встроенные в ГПС, должны обеспечивать возможность периодической проверки их метрологической исправности по полной программе (с использованием технических и программных средств, комплектующих ГПС, имеющихся на предприятии, где предполагается эксплуатация оборудования, или доступных предприятию).

Проверка метрологической исправности по полной программе должна охватывать весь диапазон значений величин при изготовлении установленной номенклатуры продукции.

ТССНХ, работающие в условиях повышенного риска метрологического отказа, в интервале между проверками метрологической исправности по полной программе могут дополнительно подвергаться проверке по сокращенной программе, например, в форме метрологического диагностического контроля (МДК) по доминирующим или склонным к быстрому росту составляющим погрешности.

Кроме того, МДК может быть рекомендован как средство значительного увеличения интервала между проверками метрологической исправности ТССНХ, когда потребность в этом экономически обусловлена.

МДК организуют на стадии проектирования или при модернизации ГПС на основе искусственно сформированной или выявленной структурной избыточности в комплексе, включающем диагностируемое ТССНХ или его компоненты и вспомогательные средства. В этом комплексе должны осуществляться преобразования входного сигнала диагностируемого ТССНХ, а также других сигналов, сильно коррелированных с ним.

Тогда при равноправности трактов преобразования, то есть близости их метрологических или точностных характеристик, соотношение преобразованных сигналов может быть использовано для суждения о метрологической исправности средств, входящих в состав комплекса.

5. ТССНХ и ПСНХ ГПС в равной степени подлежат метрологическому обеспечению.

6. Метрологическое обеспечение ТССНХ должно осуществляться с учетом их неразрывной взаимосвязи с окружающей средой, изменчивости условий преобразования измерительной информации и прогнозируемых последствий их воздействия.

7. Метрологи должны быть равноправными с конструкторами, технологами, электрониками и другими специалистами, участниками проектирования, изготовления и эксплуатации ГПС, стремящимися к увеличению технико-экономической эффективности в условиях безопасности персонала и охраны окружающей среды, несущими особую ответственность за формирование и реализацию требований к метрологическим и точностным характеристикам создаваемых средств.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
Рекомендуемое

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММНЫМ СРЕДСТВАМ С НОРМИРОВАННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ (ПСНХ) В ГПС

1. ПСНХ выбираются из числа аттестованных типовых средств или разрабатываются и аттестуются с учетом структуры ГПС, характеристик используемых ТССНХ и вычислительных средств, особенностей решаемых задач, технологических режимов и условий измерений.

2. Алгоритмы измерений (АИ) представляются в формализованном виде, соответствующем уровню автоматизации выполнения операций в ГПС и требованиям нормативных документов Единой системы программной документации (ЕСПД).

3. При выборе или разработке АИ в ГПС необходимо учитывать возможность корректировки процедуры измерений в зависимости от технологических режимов и условий измерений. Предпочтительными являются адаптивные алгоритмы, предусматривающие автоматическую коррекцию; устойчивые (робастные) алгоритмы, влияние на которые выбросов, а также нарушений предположений относительно исходной модели лежит в допустимых пределах.

4. Выбор АИ производится на основе их нормированных характеристик. Если характеристики типового алгоритма недостаточны для обоснования его выбора и априорного оценивания погрешности результата измерений, то на стадии проектирования следует провести дополнительные оценки его характеристик.

5. Форма представления программ, реализующих АИ, должна соответствовать требованиям документов ЕСПД.

6. Прикладные ПСНХ и соответствующие системные программные средства могут аттестоваться комплектно.

7. АИ могут входить как составная часть в методику измерений (МИ). При наличии аттестованной МИ аттестация АИ производится упрощенно: осуществляется лишь проверка его соответствия АИ, записанному в МИ, и документирование результата. Если аттестованная МИ отсутствует, то аттестация АИ производится в соответствии с определением (приложение 1).

8. Алгоритмы и реализующие их программы, как правило, аттестуются комплектно. В обоснованных случаях возможна их раздельная аттестация.

9. В процессе эксплуатации повторная аттестация ПСНХ (или ПСНХ совместно с ТССНХ) должна проводиться: после редактирования программы, при изменениях состава программы, при изменении типа ЭВМ (процессора) в составе ГПС или прочих существенных изменениях вычислительной среды.

10. При аттестации АИ:

выбирают набор характеристик алгоритма, подлежащих оцениванию;

выбирают набор типовых моделей технологического процесса, при которых оценивают характеристики алгоритма;

определяют характеристики алгоритма при выбранных типовых моделях.

Примечания:

1. Если условия измерений строго выдерживаются и модели технологического процесса хорошо определены, то достаточно принимать во внимание сокращенное количество характеристик алгоритма и типовых моделей.

2. При колебаниях условий измерений и неопределенности моделей технологического процесса количество характеристик может увеличиваться.

11. Основными характеристиками АИ являются характеристики погрешности, позволяющие получать оценки погрешностей результатов измерений, выполненных с использованием алгоритма. К ним относятся:

среднее квадратическое отклонение погрешности,

границы погрешности (доверительные или без указания доверительной вероятности), а также объединенный показатель, равный сумме дисперсии и квадрата оценки систематической составляющей погрешности.

12. В число характеристик АИ следует включать характеристики устойчивости, которые описывают область безотказной работы алгоритма на множестве моделей исходных данных. Например, точка срыва алгоритма — максимальная допустимая доля искаженных результатов единичных измерений (выбросов или промахов), при которых алгоритм остается работоспособным.

13. При реализации АИ следует учитывать также характеристики сложности, которые отражают трудоемкость его применения.

14. Набор типовых моделей исходных воздействий технологического процесса при аттестации алгоритма должен охватывать все модели, соответствующие заданной номенклатуре изделий, изготавливаемой с помощью ГПС.

15. Каждая из типовых моделей исходных воздействий технологического процесса при аттестации АИ должна быть достаточно широкой, учитывающей возможность изменения свойств результатов единичных измерений при колебаниях условий измерений в заданных технологических пределах.

16. Результаты аттестации ПСНХ должны быть отражены в программной документации.

17. Результаты аттестации ПСНХ используются при аттестации и проверке метрологической исправности ТССНХ.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРИОДИЧНОСТИ ПРОВЕРКИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ИСПРАВНОСТИ ТССНХ

Общие положения

1. При определении периодичности проверки метрологической исправности ТССНХ используется допущение о медленном (с конечной скоростью) изменении метрологических и точностных характеристик ТССНХ в процессе эксплуатации. С учетом этого предположения изменение во времени метрологических и точностных характеристик ТССНХ ГПС подчиняется следующей вероятностной закономерности

$$\frac{\partial P(t,x,y)}{\partial t}+\mu(x,t)\frac{\partial P(t,x,y)}{\partial x}+\mu(y,t)\frac{\partial P(t,x,y)}{\partial y}=0, \qquad (1)$$

где $P(t, x, y)=\int_x^y f(\eta, t)\, d\eta$ — вероятность того, что в момент t погрешность η будет находиться в интервале $[x, y]$; $\mu(\eta, t)$ — регрессионная зависимость скорости изменения погрешности в момент t от ее накопленного значения, равная математическому ожиданию скорости дрейфа погрешности в момент t при условии, что погрешность в этот момент равна η; $f(\eta, t)$ — плотность распределения погрешности η в момент t, x, y — любые значения погрешности.

2. Решением (1) является функция

$$f(\eta,t)=f_0[\psi(\eta,t)]\frac{\partial\psi(\eta,t)}{\partial\eta}, \qquad (2)$$

где $f_0(x)$ — начальная плотность распределения погрешности (соответствует плотности нормального распределения); $\varphi(\eta, t)$ — решение уравнения регрессии

$$\frac{\partial\eta}{ct}=\mu(\eta,t).$$

3. При линейной регрессии скорости изменения погрешности от ее накопленного значения, типичной, в частности, для износа механических систем, т. е. при

$$\mu(\eta,t)=m_v(t)+\frac{r(t)\sigma_v(t)}{\sigma_s(t)}[\eta-m_s(t)], \qquad (3)$$

формула (2) примет вид

$$f(\eta,t)=f_0\{[\eta-m_s(t)]\frac{\sigma_s(0)}{\sigma_s(t)}+m_s(0)\}\frac{\sigma_s(0)}{\sigma_s(t)}, \qquad (4)$$

где $m_s(t)$, $m_v(t)$ — средние значения погрешности η и скорости ее изменения $d\eta/dt$ в момент t, $\sigma_s(t)$, $\sigma_v(t)$ — СКО значений η и $d\eta/dt$,

$r(t)$ — коэффициент корреляции η и $d\eta/dt$ в момент t,

$f_0(\eta)$ — плотность нормального распределения η.

4. С учетом п. 3 плотность распределения погрешности η в момент t

$$f(\eta,t)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_s(t)}e^{-\frac{[\eta-m_s(t)]^2}{2\sigma_s^2(t)}}. \qquad (5)$$

5. Коэффициент метрологической исправности ГПС при интервале T между проверками метрологической исправности ТССНХ равен

$$K_{ми}(T)=\frac{1}{T}\int_0^T\left\{\Phi\left[\frac{\Delta_2-m_s(t)}{\sigma_s(t)}\right]-\Phi\left[\frac{\Delta_1-m_s(t)}{\sigma_s(t)}\right]\right\}\alpha t, \qquad (6)$$

где Δ_1, Δ_2 — пределы допускаемой погрешности η,

$\Phi(x)$ — табулированная функция Лапласа.

6. Коэффициент технического использования ГПС, определяющий долю времени, в которую ГПС используется для производства продукции (за вычетом времени простоя, связанного с проверкой его метрологической исправности), равен

$$K_{\text{ти}}(T)=\frac{T}{T+\tau_{\text{п}}}, \tag{7}$$

где $\tau_{\text{п}}$ — длительность простоя ГПС, связанного с проверкой его метрологической исправности.

7. Интервал T принимается равным: при установленных ограничениях на $K_{\text{ти}}$

$$T=\frac{K^*_{\text{ти}}\tau_{\text{п}}}{1-K^*_{\text{ти}}}, \tag{8}$$

где $K^*_{\text{ти}}$ — предел допускаемых значений $K_{\text{ти}}$;

при установленных ограничениях на процент брака — решению уравнения

$$K_{\text{ми}}(T)=K^*_{\text{ми}}, \tag{9}$$

где $K^*_{\text{ми}}$ — предел допускаемых значений $K_{\text{ми}}$;

при условии достижения минимума суммарных потерь из-за брака продукции и ее ложного забракования, а также простоев ГПС — решению уравнения

$$C_{\text{бр}}\frac{\partial K_{\text{ми}}(T)}{\partial T}=C_{\text{пр}}\frac{\partial K_{\text{ти}}(T)}{\partial T}, \tag{10}$$

где $C_{\text{бр}}$ и $C_{\text{пр}}$ — потери из-за метрологической неисправности и простоя ГПС, соответственно руб./ед. времени.

8. Назначение очередного интервала времени до проверки метрологической исправности ТССНХ проводится по результатам предыдущей аналогичной проверки с учетом информации о статистических характеристиках процесса изменения погрешности во времени, полученной в результате предварительных исследований.

Целью предварительных исследований является определение статистических характеристик временной нестабильности погрешности.

Предварительные исследования проводятся в процессе эксплуатации ГПС. Формируется выборка технологических процессов, достаточно представительная с точки зрения охвата всех освоенных операций, режимов обработки, материалов изготавливаемых деталей.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. РАЗРАБОТАНА И ВНЕСЕНА Государственным Комитетом СССР по управлению качеством продукции и стандартам

ИСПОЛНИТЕЛИ

Р. Е. Тайманов (руководитель темы); **Л. И. Довбета**, канд. техн. наук; **К. В. Сапожникова**; **Т. Н. Сирая**, канд. физ.-мат. наук; **А. Э. Фридман**, канд. техн. наук

2. УТВЕРЖДЕНА НПО «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» 30.03.89

3. ЗАРЕГИСТРИРОВАНА ВНИИМС 17.11.89

4. ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

Обозначение НТД, на который дана ссылка	Номер пункта, подпункта
ГОСТ 8.009—84	1.3.5, приложение 1
ГОСТ 8—82	1.3.5
ГОСТ 12997—84	1.3.5, приложение 1
ГОСТ 16263—70	Приложение 1
ГОСТ 19919—74	Приложение 1
ГОСТ 23222—88	1.3.5
МИ 1888—88	1.6
МС 48—77	Приложение 1

РЕКОМЕНДАЦИЯ

ГСИ. МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Основные положения

МИ 2021—89

Редактор *Н. А. Аргунова*
Технический редактор *Г. А. Теребинкина*
Корректор *В. И. Кануркина*

Н/К

Сдано в наб. 08.04.91 Подп. в печ. 21.11.91 Формат 60×90¹/₁₆ Бумага типографская № 2
Гарнитура литературная Печать высокая 1,0 усл. п. л. 1,13 усл. кр.-отт. 1,13 уч.-изд. л.
Тираж 3700 экз. Зак. 1582 Изд. № 944/4

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123557, Москва, ГСП,
Новопресненский пер., 3.
Калужская типография стандартов, ул. Московская, 256.

gost.e-ecolog.ru