

случае проведение испытаний для целей утверждения типа может растянуться на годы.

При предварительных исследованиях, проводимых разработчиком (часто с привлечением органов ГМС) проверяется неизменность метрологических свойств ИК ИИС во времени, зависимости от действия влияющих величин и возмущающих факторов на точность измерений и результат функционирования. На основании результатов предварительных исследований устанавливается минимум операций, которые необходимо выполнять в дальнейшем при поверке ИК ИИС, а также межповерочный интервал (МПИ). Это дает возможность на этапе испытаний для целей утверждения типа решить вопрос о дальнейшем метрологическом обслуживании данной ИИС.

При положительных результатах проведенных испытаний ИИС для целей утверждения её типа ГЦИ СИ утверждает (согласовывает) методику поверки, согласовывает описание типа и составляет акт испытаний в соответствии с требованиями ПР 50.2.009. При этом в описании типа, являющегося неотъемлемой частью сертификата об утверждении типа, указывают ИК (или компоненты, образующие ИК), на которые распространяется сертификат.

В ряде случаев при исследовании и испытании ИИС осуществляются процедуры, относящиеся к понятию метрологическая аттестация. Содержание метрологической аттестации раскрывается в определении, приведенном в РМГ 29-99. Метрологическая аттестация средств измерений (МА) – признание метрологической службой узаконенным для применения средств измерений единичного производства (или ввозимые единичными экземплярами из-за границы) на основании тщательных исследований их свойств.

Примечание – МА могут подлежать средства измерений, не подпадающие под сферы распространения ГМКН.

## 5.2. Поверка ИИС

Согласно определению ИИС обладают всеми признаками СИ. Соответственно все основные принципы, положенные в основу процедуры поверки СИ, распространяются на ИИС, их ИК и компоненты.

**Поверка средств измерений** – установление органом государственной метрологической службы (или другим официально уполномоченным органом, организацией) пригодности средств измерений к применению, на основании экспериментально определяемых метрологических характеристик и подтверждения их соответствия установленным обязательным требованиям.

Поверке подвергают СИ, подлежащие ГМКН.

При этом разделяют следующие виды поверки:

– первичную поверку;

- периодическую поверку;
- внеочередную поверку;
- инспекционную поверку;
- комплектную поверку;
- поэлементную поверку.

Первичная поверка выполняется при выпуске СИ из производства или после ремонта, а также при ввозе СИ из-за границы партиями, при продаже. Периодической поверке подвергаются СИ, находящиеся в эксплуатации или на хранении. Периодическая поверка выполняется через установленные МПИ. Внеочередной называется поверка, проводимая до наступления срока очередной периодической поверки. Инспекционная поверка проводится органом ГМКН при проведении государственного надзора за состоянием и применением СИ. Комплектной называют поверку, при которой определяются МХ СИ, присущие ему как единому целому. Поэлементной называют поверку, при которой значения МХ СИ устанавливаются по МХ его составных элементов или частей. Поэлементная поверка характерна для ИС и ИИС.

Как следует из определения, поверка представляет собой процедуру контроля, неотъемлемой частью которой является экспериментальное определение МХ объекта контроля. Наиболее предпочтительным способом контроля и определения МХ ИК ИИС и их компонентов является “сквозной” метод. При “сквозном” методе на вход ИК ИИС подается образцовый сигнал, имитирующий измеряемую величину. На выходе контролируемого ИК ИИС снимается выходной сигнал (результат измерения). Полученные в результате эксперимента значения МХ служат для сравнения с нормированными МХ контролируемого ИК ИИС. Необходимыми условиями для применения “сквозного” метода определения и контроля МХ являются:

- наличие доступа ко входу ИК. Ограничение доступа может быть обусловлено конструкцией или способами установки первичных измерительных преобразователей (датчиков), наличием “вредной среды” в местах их расположения, климатическими условиями и т.п.;
- возможность задания необходимого набора всех существенных для поверки ИК ИИС значений влияющих величин, характерных для условий эксплуатации ИИС;
- наличие эталонов и средств задания измеряемых величин.

В тех случаях, когда для ИК ИИС не выполняются перечисленные выше условия применения “сквозного” метода контроля и определения МХ ИК ИИС, применяют расчетно-экспериментальный способ. В ИК выделяется такая его часть, которая состоит из компонентов с нормированными МХ, для которой применим “сквозной” метод. Желательно, чтобы в доступную часть ИК входило как можно большее число его компонентов, чтобы по возможности охватить при контроле МХ линии связи, функциональные преобразователи, устройства связи с объектом, вычислительные устройства.

МХ ИК в целом вычисляются по определенным экспериментально МХ доступной части и нормированным или приписанным МХ (по результатам ранее проведенных экспериментальных исследований) недоступной части ИК.

Выбор экспериментального метода определения и контроля МХ ИК ИИС зависит от ряда влияющих факторов, определяющих постановку и проведение эксперимента. На выбор указанных методов влияет также наличие или отсутствие априорных сведений о метрологических свойствах ИК ИИС, вид ИК. Априорные сведения о составе и существенности влияющих факторов могут быть получены: из НД и ТД на ИИС. При отсутствии априорных сведений по составу и существенности факторов, влияющих на точность измерений, проводят предварительное исследование метрологических свойств ИК ИИС. Такие исследования обычно проводят в рамках исследовательских или предварительных испытаний, осуществляемых на этапах разработки, проектирования ИИС или ввода её в эксплуатацию. В рамках поверочных работ подобные исследования не проводятся.

Методика поверки ИК конкретных образцов ИИС разрабатывается на стадии разработки, предварительных исследований, проверяется и утверждается на стадии проведения испытаний для целей утверждения типа. Разработаны и используются некоторые обобщенные методы контроля МХ, используемые при поверке ИК ИИС. Однако, учитывая сложность состава ИИС, методики поверки в подавляющем большинстве случаев индивидуальны для конкретных образцов или типов ИИС. Далее приведены некоторые из общих методов контроля.

Рассмотрим случай, когда преобладают влияющие факторы, которые приводят к закономерному искажению результатов измерений, а стандартным отклонением (мерой неопределенности, оцениваемой по типу А) можно пренебречь. Структурная схема для выполнения поверки аналоговых и цифроаналоговых ИК приведена на рис.5.1.



*Рис. 5.1. Структурная схема поверки ИК*

Эталон 1 задает при входе ИК значения измеряемой величины, соответствующие проверяемым точкам диапазона измерений. При поверке цифроаналоговых ИК в качестве эталона 1 используется произвольный задатчик кодов. Эталон 2 измеряет значения выходных сигналов ИК (в

частном случае, когда на выходе ИК установлен показывающий аналоговый измерительный прибор, считываются его показания). Для каждой проверяемой точки  $X$  входного сигнала вычисляются нижняя  $V_b$  и верхняя  $V_t$  границы, в пределах которых могут находиться выходные сигналы ИК (показания эталона 2).

$$\begin{aligned} V_b &= F_n(X) - D_o \\ V_t &= F_n(X) + D_o \end{aligned} \quad , \quad (5.1)$$

где  $F_n(X)$  - значение выходного сигнала ИК, вычисленное для проверяемой точки  $X$  по номинальной функции преобразования ИК;

$D_o$  - граница (предел) допускаемых отклонений выходного сигнала ИК от номинального значения.

При необходимости может вводиться контрольный допуск, равный 0,8 границы  $D_o$ . По эталону 1 устанавливаются последовательно значения  $X$ , соответствующие проверяемым точкам диапазона измерений, считывают и регистрируют показания эталона 2. Если для всех проверяемых точек  $X$  выполняется неравенство

$$V_b \leq Y(X) \leq V_t \quad , \quad (5.2)$$

где  $Y(X)$  - значение выходного сигнала ИК при входном сигнале равном  $X$ . ИК считается удовлетворяющим заданным требованиям (годным). Если хотя бы в одной из проверяемых точек это неравенство не выполняется, то ИК считается не удовлетворяющим заданным требованиям (бракуется).

Структурная схема для выполнения поверки аналого-цифровых ИК приведена на рис.5.2. Рассмотрим аналогичный случай, когда преобладают влияющие факторы, которые приводят к закономерному искажению результатов измерений, а стандартным отклонением (мерой неопределенности, оцениваемой по типу А) можно пренебречь.

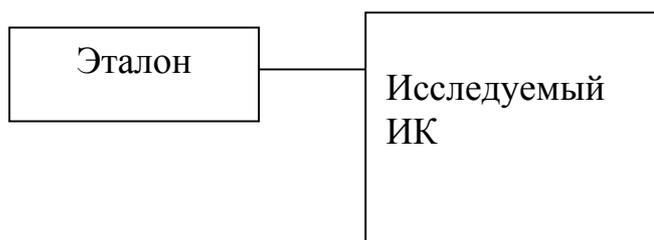


Рис.5.2. Структурная схема поверки аналого-цифровых ИК

Эталон задает на входе ИК значения  $X$  измеряемой величины или ее носителя, соответствующие проверяемым точкам диапазона измерений. На выходе ИК получается код (показание)  $N$ , которое может быть считано экспериментатором или автоматическим устройством. Для каждой проверяемой точки  $N_o$  (для аналого-цифровых ИК проверяемые точки задают

указанием значения  $N_0$  выходного кода или показания) вычисляют значения  $X_{k1}$  и контрольных сигналов по формулам:

$$\begin{aligned} X_{k1} &= F_{no}(N_0) - D_0 \\ X_{k2} &= F_{no}(N_0) + D_0 \end{aligned} \quad , \quad (5.3)$$

где  $F_{no}(N_0)$  – значение входного сигнала ИК, вычисленное для проверяемой точки по номинальной обратной функции преобразования ИК;

$D_0$  - граница допускаемых отклонений входного сигнала от номинального значения.

При необходимости может вводиться контрольный допуск, равный 0,8 границы  $D_0$ .

Устанавливают значение величины  $X$ , подаваемой на вход ИК, равным  $X_{k1}$  и регистрируют выходной код (показание)  $N_1$  проверяемого ИК. Если удовлетворяется неравенство  $N_1 \geq N_0$ , проверяемый ИК бракуют. В противном случае устанавливают значение величины  $X$ , подаваемой на вход ИК, равным  $X_{k2}$  и регистрируют выходной код (показание)  $N_2$  проверяемого ИК. Если удовлетворяется неравенство  $N_2 \leq N_0$ , проверяемый ИК бракуют. ИК должен удовлетворять установленным нормам для всех контролируемых точек диапазона измерений.

ИИС и ИК ИИС, не подлежащие ГМКН, подвергаются калибровке. Несмотря на то, что в разделении понятий поверка и калибровка основным является законодательный аспект, содержание работ по калибровке несколько отличается от содержания работ по поверке, что следует из определения, приведенного в РМГ 29-99:

*Калибровка средств измерений* – совокупность операций, устанавливающих соотношение между значением величины, полученной с помощью данного средства измерений и соответствующим значением величины, определенным с помощью эталона с целью определения действительных метрологических характеристик этого средства измерений.

Далее в РМГ 29-99 следует примечание, в котором указывается, что результаты калибровки позволяют определять поправки и другие МХ СИ. Учитывая тот факт, что эксплуатация ИИС часто происходит в условиях дефицита априорной информации о МХ её компонентов и ИИС в целом, поверочные работы (также как и работы по калибровке) должны осуществляться с учетом необходимости постоянного уточнения МХ ИИС, степени их деградации во времени, установления и корректировки МПИ, которые часто (в отношении ИИС-3 как правило) являются индивидуальными для каждого конкретного образца ИИС. При разработке и МЭ методик поверки (калибровки), проведении испытаний для целей утверждения типа этот факт должен учитываться как разработчиком, так и заказчиком. Результаты поверок и калибровок должны являться одной из самых важных составляющих информации, которую следует принимать во внимание при анализе изменения МХ ИК ИИС.

### **5.3. Проблемы и тенденции развития в области испытаний и поверки ИИС.**

Проблемы проведения испытаний СИ и ИИС тесно связаны с проблемами их метрологической надежности, под которой понимается способность СИ (ИИС) сохранять установленные значения МХ в течение заданного времени при определенных режимах и условиях эксплуатации. Учитывая уникальность каждой ИИС, проблема сводится к вопросу обеспечения постоянного мониторинга за характером изменения МХ ИИС и ее компонентов на месте эксплуатации ИИС, использование полученной при этом информации для корректировки МПИ. Один из важных путей решения этой задачи – развитие и совершенствование методов самокалибровки и самодиагностики ИК ИИС.

Для многих ИИС характерен автономный – в метрологическом смысле – режим использования, когда не может быть реализована ее оперативная связь с вышестоящими по поверочной схеме средствами. Автономный режим использования ИИС является одним из источников проблемы децентрализации в системе обеспечения единства измерений. Если для традиционно используемых средств привязка к эталону означает, в конечном итоге, перемещение к месту его дислокации, то для автономной ИИС необходимо встречное движение эталона к месту ее размещения. Соответственно необходима разработка и совершенствование транспортируемых эталонов, необходимых для поверки и калибровки ИК ИИС. При этом необходимо учитывать, что транспортируемые эталоны часто будут использоваться в условиях, отличных от условий хранения и применения эталонов в организациях ГМС и ГНМЦ. Вопросы о методиках и необходимости использования транспортируемых эталонов должны быть решены на стадиях разработки и испытаний ИИС.

При развитии ИИС проявляются общие тенденции в развитии измерительной техники:

- возрастание точности, расширение номенклатуры измеряемых величин и измерительных задач, расширение диапазонов измерений;
- обеспечение доступа потребителей к средствам измерений высшей точности;
- обеспечение измерений в условиях воздействия “жестких” внешних факторов (высокая температура, большое давление, ионизирующее излучение и т.д.)

Расширение номенклатуры измеряемых величин в рамках одной ИИС приводит к необходимости “привязки” ИИС к нескольким поверочным схемам. Для решения вопросов самокалибровки необходимо наличие в структуре ИИС встроенных эталонов, что приводит к росту требований по точности к транспортируемым эталонам и практический выход в высшие звенья поверочных схем.