



## Метрология, стандартизация, цифровизация. Вызовы четвертой промышленной революции



**Модератор:**  
**СЯСЬКО Владимир Александрович**, д-р техн. наук, профессор Санкт-Петербургского горного университета, заместитель председателя ТК 371, Санкт-Петербург

На заседании круглого стола «Метрология, стандартизация, цифровизация. Вызовы четвертой промышленной революции» была сделана попытка максимально широко взглянуть на современное состояние и тенденции развития приборостроения, метрологии и стандартизации с точки зрения специфики сферы неразрушающего контроля (НК) и мониторинга состояния (МС) в контексте 4-й промышленной революции — глобальной перестройки социально-экономического и производственного уклада мировой экономики.

Во вступительном докладе модератор круглого стола остановился на основных направлениях 4-й промышленной революции, известной также, как Industrie 4.0, получившей свое название от инициативы 2011 г. германских ученых и промышленников о необходимости более широкого применения информационных технологий в производстве путем превращения предприятий в «умные». При этом одним из ключевых положений является то, что сфера измерительной техники и метрологии как одна из структурных составляющих всей современной экономики неизбежно вовлечена в происходящие изменения. С одной стороны, достижения в области технологий генерирования, передачи, обработки и хранения цифровой информации (процесс, который принято называть «цифровизацией») открывают новые возможности для разработчиков измерительной техники и метрологов, а внедрение и развитие «умных (smart) систем» и цифровых моделей требует непосредственного участия приборостроителей и метрологов в создании «интеллектуальных» распределенных датчиков и разработки принципиально новых подходов к обеспечению метрологической надежности приборов и стандартизации методик измерений, в том числе в области НК и МС.

При этом, по мнению участников круглого стола, представ-

ляющих приборостроительные предприятия, главной тенденцией развития методов и средств НК как измерительных технологий является активный переход от НК к МС на всех уровнях проектирования, производства и эксплуатации изделий, инженерных объектов, технологических процессов и экологических систем. В области метрологии основным направлением является развитие метрологического обеспечения измерительных преобразователей и приборов НК как распределенных средств измерения многопараметрических и многомерных величин.

По мнению экспертов институтов Росстандарта, ключевым будет переход от бумажного к электронному документообороту — фиксации результатов поверок и калибровок в государственных информационных системах (ГИС). Кроме того, метрологическая инфраструктура обеспечения единства измерений будет включать в себя несколько взаимопересекающихся уровней, порождающих большие информационные потоки, требующие систематизации в виде электронных информационных систем. В частности, уже в настоящее время в Российской Федерации в ГИС Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии входят в том числе следующие базы данных:

- государственные первичные эталоны РФ;

- эталоны единиц величин;
- утвержденные типы стандартных образцов;
- утвержденные типы средств измерений;
- аттестованные методики измерений;
- сведения о результатах поверки средств измерений.

Само наличие такой информации в электронном виде потенциально позволяет существенно автоматизировать многие процессы. Для решения этой задачи в рамках цифровизации экономики национальный метрологический институт Германии Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) выступил с инициативой разработки единой европейской цифровой инфраструктуры качества для инновационных продуктов и услуг под названием «Европейское метрологическое облако». Перед разработчиками стоят задачи разработки и создания следующих инфраструктурных элементов: метрологической цифровой платформы (The Trustworthy Metrological Core Platform), эталонной архитектуры (Reference Architectures), технологического сервисного обеспечения (Technology-Driven Metrological Support Services) и информационного сервисного обеспечения (Data-Driven Metrological Support Services). При этом в РФ не менее важной является информация об организациях, аккредитованных на право выполнения работ и оказания услуг в области обеспечения единства измерений, размещенная в ГИС Федеральной службы по аккредитации.

Обсуждение указанных вопросов показало, что главной тенденцией «цифровизации» эксплуатации и метрологической аттестации средств измерений (СИ) в сфере государственного регулирования (подлежащих утверждению типа и поверке) будет снабжение всех СИ уникальными метками, а в дальнейшем

оснащение СИ средствами подключения (в том числе беспроводными) к телекоммуникационным сетям для передачи информации в единую информационную базу. Было подтверждено, что все технические решения для этого существуют, однако необходимо создание соответствующей информационной системы, решение вопросов по стандартизации и внесение соответствующих изменений в законодательство. Рассмотрение проблемы иерархической структуры «интернета СИ» как основы цифровизации показало возможность выделения трех уровней:

- 1) аппаратный (физический) уровень подключения к Интернету, который может быть реализован на основе существующих сетей Ethernet, Wi-Fi, а также сетей мобильной связи nG;
- 2) сетевой протокол Интернета TCP/IP, полностью удовлетворяющий поставленным задачам, так как применяется повсеместно, обеспечивающий однозначную идентификацию устройства путем присвоения уникального IP-адреса и гарантирующий надежную передачу информации;
- 3) прикладной (пользовательский) уровень сети, требующий разработки.

При организации данной иерархической системы необходимо решить как минимум следующие задачи:

- разработка и утверждение единого универсального формата представления данных о СИ (тип, заводской номер, метрологические характеристики и т.д.);
- разработка и утверждение формата представления измерительной информации (это может быть, кроме самих измеренных данных, время, GPS-координаты, параметры окружающей среды и т.д.);
- создание программной платформы для обмена данными, а

также сбора и обработки информации от подключенных к Интернету СИ.

Частично эти задачи должны быть решены путем разработки и утверждения международных стандартов, определяющих общие характеристики измерительных преобразователей с интерфейсными модулями, функции интерфейсных модулей, формат данных преобразователя, набор команд для настройки и управления интерфейсных модулей, а также чтения и записи данных. Было подтверждено, что уже ведутся разработки стандартов для создания сетей измерительных преобразователей, в частности для «умных сетей». Специалисты ВНИИМ им. Д.И. Менделеева сделали краткое сообщение о том, что существующие наработки в области создания интеллектуальных датчиков позволили разработать и утвердить два стандарта РФ, в которых дано следующее основополагающее определение интеллектуального датчика: интеллектуальный датчик – это адаптивный датчик с функцией метрологического самоконтроля, имеющий цифровой выход и обеспечивающий передачу первичной измерительной информации и информации о метрологической исправности через интерфейс. При этом, обладая вычислительными возможностями, интеллектуальный датчик должен осуществлять:

- автоматическую коррекцию погрешности, появившейся в результате воздействия влияющих величин и/или старения компонентов;
- самовосстановление при возникновении единичного дефекта в датчике;
- самообучение.

При этом под самовосстановлением как ключевой функцией следует понимать автоматическую процедуру устранения метрологических последствий воз-

никновения отказа, т.е. процедуру обеспечения отказоустойчивости, при которой сохраняются метрологические характеристики в допускаемых пределах при возникновении единичного дефекта оборудования. Под самообучением понимается способность к автоматической оптимизации параметров и алгоритмов работы (измерения). Также считается, что наиболее перспективен метрологический диагностический самоконтроль (МДСК), который отслеживает отклонения диагностического параметра, характеризующего критическую (склонную к быстрому росту) составляющую погрешности, от опорного значения этого параметра, установленного при калибровке. МДСК должны строиться на основе результатов специального метрологического анализа источников погрешности, характерных для процесса эксплуатации. К ним относятся, например, старение материалов, дефекты, вызванные нарушениями технологии изготовления СИ, которые проявляются лишь с течением времени, и т.д.

Не остались без внимания вопросы метрологического обеспечения цифровых моделей. Было подтверждено, что одним из главных положений, лежащих в основе разработки новых СИ (построение которых будет осуществляться на изложенных

принципах), является необходимость учета ограничений перспективных программ, которые позволят создавать цифровые модели распределенных СИ и объектов контроля и производить по ним расчет контролируемых параметров и параметров надежности объектов. Ограничения программ для создания цифровых моделей и самих моделей связаны в том числе со следующими факторами:

- адекватностью и полнотой используемых физических моделей;
- применимостью используемых математических методов;
- точностью задания параметров моделируемых объектов и граничных условий их применения.

Обсуждение показало, что для широкого внедрения цифровых моделей в областях, связанных с технической и энергетической безопасностью, и в других сферах государственного регулирования, возможно, потребуется создать государственную систему, обеспечивающую:

- испытание цифровых моделей;
- ведение реестра цифровых моделей;
- аттестацию персонала и аккредитацию организаций на право использования цифровых моделей для прогнозирования и управления реальными объектами и процессами.

В заключение участники достаточно кратко рассмотрели вопросы разработки, стандартизации и законодательного утверждения новых принципов метрологического обеспечения распределенных сетей интеллектуальных датчиков, предполагающих обеспечение прослеживаемой калибровки (поверки) для виртуальных измерений и расчет неопределенностей измерений при моделировании, обеспечиваемых в структуре схем прослеживаемости.

Круглый стол показал, что 4-я промышленная революция – не абстрактное будущее, а объективный процесс, происходящий непосредственно сейчас и затрагивающий все сферы жизни, в том числе метрологию и стандартизацию НК и МС. Мы можем пользоваться плодами и одновременно должны принимать в процессах преобразований самое действенное участие. Коммерческий успех приборостроительных компаний и востребованность услуг метрологических организаций напрямую зависят от того, насколько их работа будет соответствовать новым требованиям. Наиболее емко об этом сказал один из основоположников современной теории менеджмента Эдвардс Деминг (Edwards Deming): «Вы можете не изменяться. Выживание не является обязанностью».

## Обучение, аттестация и сертификация в области НК

**Модераторы:**

**КОНОВАЛОВ Николай Николаевич**, д-р техн. наук, заместитель генерального директора АО «НТЦ «Промышленная безопасность», Москва

**КОПЫТОВ Сергей Георгиевич**, заместитель генерального директора ООО «НУЦ «Качество», Москва

**БЫСТРОВА Наталья Альбертовна**, д-р техн. наук, руководи-



*Н.Н. Коновалов, А.А. Травкин*