

# Аршин для наноиндустрии

26—29 апреля в Новосибирске прошла 4-я Школа «Метрология и стандартизация в нанотехнологиях и наноиндустрии. Функциональные наноматериалы», организованная совместными усилиями «Роснано», Федерального агентства по техническому регулированию и Сибирского отделения РАН.

**От исходного материала до конечного продукта**  
Оцелях и задачах прошедшей Школы мы беседуем с одним из главных её организаторов, чл.-корр. РАН **Виктором Владимировичем Ивановым**, генеральным директором Метрологического центра «Роснано»:

— Школа по метрологии и стандартизации в нанотехнологиях и наноиндустрии была учреждена в 2008 году, когда государственная корпорация «Роснано» начала отбор проектов для инвестирования в создание новых промышленных объектов. Дело в том, что нанотехнологии — новая развивающаяся область, где пока нет надёжно выстроенных стандартов и схем измерений. Над их созданием активно работают метрологические институты во всех странах и международные организации, в первую очередь комитет ISO по нанотехнологиям.

Главный вопрос: какие параметры продукции и наноматериалов характеризовать? Есть технологии разработки новых материалов, а что в них нужно измерять? Кто умеет это делать? Какими методами? По всем этим вопросам на данных школах ставятся ключевые лекции.

Целевая аудитория школ постепенно расширяется. В первых школах в основном участвовали представители организаций, имеющих центры коллективного пользования, метрологические лаборатории, метрологические институты, которые обменивались знаниями между собой. Ведущие российские и зарубежные лекторы рассказывали о передовых методах измерений, о той инфраструктуре, которая есть в области метрологии. По мере развития Школа становится площадкой для организации взаимодействия по решению совместных задач. Возникают конкретные задачи по постановке новых методов измерений для характеристики какого-то продукта, и люди из разных организаций объединяются в кооперацию с тем, чтобы их решить.

В конечном счёте, цель этого мероприятия — оснастить индустрию средствами практической метрологии, чтобы на предприятии были метрологически обеспечены все основные участки производственного процесса, начиная с входного контроля сырья. От того, какие материалы запущены в производство, очень сильно зависит качество того, что получается в конце. Для входного контроля материалов, если это наноматериалы, нужны специальные методы. Это один блок производственных проблем.

Второй блок — это контроль самих технологических процессов на всех этапах технологической цепочки. И конечный этап — собственно характеристика и сертификация готовой продукции. К конечной продукции предъявляются наиболее жёсткие требования, потому что именно её люди покупают. Все промежуточные циклы остаются внутри предприятия. Но когда они продают продукцию, в её качестве должен иметь уверенность не только продавец, но и покупатель. А для этого продавец должен предъявить убедительные доказательства в виде протокола испытательной лаборатории, что эта продукция обладает добротными параметрами.

— **Какие лаборатории имеются в виду — внутренние или внешние?**

— Здесь возникает дилемма: поскольку часто нанопродукты характеризуются сложными и весьма дорогими средствами измерений, простыми методами, предприятия, как правило, делают характеристику конечного или промежуточного продукта на две группы — оперативные измерения, выполняемые в заводской лаборатории, и средства дорогостоящие, которые используют редко, чтобы иметь уверенность в глубоком контроле качества. К таким средствам, например, относится электронная микроскопия, рентгеновская дифрактометрия и т.д. Поэтому компании заинтересованы в надёжных партнёрах, которые периодически могут им оказывать услуги измерений на дорогостоящем оборудовании. Такими партнёрами могут быть центры коллективного пользования академических институтов и университетов, и находить друг друга потенциальные партнёры могут на нашей Школе.

В частности, в настоящей Школе принимали участие четыре компании, которые поддерживает «Роснано»: компания «Сан» из Новосибирска (чернила и принтеры), компания «Манэл» из Томска, нанотехнологический центр «Сигма», который базируется в Технопарке Академгородка и в томской ОЭЗ (это сейчас самый крупный центр, который «Роснано» поддерживает в Сибири), и компания «Уником» из Московского региона. Причём её представитель делал стендовый доклад и получил поощрительный диплом. Они занимаются введением резинового напорозака в асфальт, что позволяет повысить его механические свойства — старые автомобильные шины перерабатывают. Это результат многолетних исследований Инсти-

тута химической физики РАН, который сейчас внедрён в дорожную индустрию.

Кроме того, в Школе принимали участие представители компаний, которые распространяют измерительное и диагностическое оборудование. Им представлялась возможность сделать короткое рекламное сообщение и у своего стенда продемонстрировать возможности оборудования.

— **Насколько я понял, они в основном дилеры зарубежных производителей, а не разработчики собственного оборудования?**

— Нет, не все. Были компании, которые представляли оборудование российского производства. В том числе, например, компания НТ-МДТ из Зеленограда — крупнейший в мире производитель атомно-силовых микроскопов, по объёму рынка (16 %) второй в мире. Они традиционно участвуют в наших школах. Генеральный директор компании лично приехал сюда и делал доклад.

Таким образом, здесь собираются люди, которые готовы помочь комплексно оснастить современное производство и помогают получить знания в этой сфере. Это люди, которые занимаются разработкой методов измерений, сами умеют измерять, могут помочь это сделать и готовы продать или предоставить средства измерений. Фактически Школа помогает решить для производственных компаний весь комплекс проблем. Она нацелена на прикладную метрологию, ориентируется на то, как использовать все накопленные возможности в области измерений и приложить их на практическую почву конкретного предприятия. Мы этим начали заниматься с момента образования «Роснано» и сейчас выводим эту деятельность в более практическую плоскость. Если в то время, когда мы начинали этим заниматься, у «Роснано» ещё не было собственных производств, то сейчас они появились, и представители компаний с нами работают.

— **Что представляет собой Метрологический центр «Роснано», который Вы возглавляете?**

— Мы являемся специальной организацией, которую корпорация «Роснано» создала для организации метрологического обеспечения производства. У нас действующих компаний уже 49, а к финансированию принято более 100. И для этой деятельности специально создана мобильная компания, которая называется Метрологический центр «Роснано». Нам поручают организовывать, в том числе, и такие мероприятия, как данная Школа.

У нас много партнёров — около 50 центров коллективного пользования, институтов метрологии и т.д. Проблему, которую той или иной компании надо решить, мы сначала с экспертами выясняем, а потом смотрим, кто имеет компетенцию её решить, потому что какой-то вид измерений умеют делать только несколько организаций в России. Мы с ними связываемся, совместно обсуждаем и иногда конкурс проводим, кто лучше делает.

— **А из центров коллективного пользования СО РАН с кем сотрудничаете?**

— В Новосибирске хорошо взаимодействуем с Институтом катализа, Институтом физики полупроводников, ЦКП «Наноструктуры», который возглавляет Латышев Александр Васильевич. В Томске сотрудничаем с центром коллективного пользования ТГУ, с испытательно-инжиниринговым центром компании «Сибур», с некоторыми институтами Сибирского отделения.

Институт катализа и ИФП активно участвовали в организации Школы, за что мы им очень благодарны. На сайте Института катализа располагалась вся необходимая информация, коллеги из института оказали неоценимую помощь в решении организационных вопросов, и лично зам. директора Бухтияров Валерий Иванович. Без этой помощи организовать мероприятие в другом городе, не выезжая на место, было бы просто невозможно.

— **Получилось?**

— Получилось. Возник как бы элемент кооперации: договорились, вместе собрались, организовали и провели. Мы давно подумывали провести Школу в Сибири, потому что в Подмоскovie, где проходили три предыдущие, из Сибири имели возможность приехать не так много людей. Поэтому мы считаем, что надо чередовать проведение школ в Центральной России и в Сибири, может быть, на Урале.

— **А следующая опять будет в Центре?**

— Наверное, следующая будет проводиться где-то в Подмоскovie или в Центральной России. Мы стараемся проводить школы поближе к университетам, чтобы по возможности вовлечь больше молодёжи из центров коллективного пользования университетов, поскольку там много современного оборудования, обучение им очень нужно.

**Спектр возможностей**

Тему продолжает чл.-корр. РАН **Александр Васильевич Латышев**, заместитель директора ИФП СО РАН, руководитель ЦКП «Наноструктуры»:

— Школы по метрологии начали организовываться, когда «Роснано» при создании компаний наноиндустрии, действительно, столкнулось с проблемами, связанными с метрологическим обеспечением: отсутствием стандартов, стандартных образцов, отсутствием метрики вообще. Это привело к тому, что надо было обращаться к учёным.

В нанобласти мы работаем давно. В электронной микроскопии разрешение давно меньше одного нанометра, а для просвечивающей электронной микроскопии уже 1—2 ангстрема. А современное оборудование, которое, например, есть в Институте физики полупроводников, даёт разрешение меньше одного ангстрема. Идёт новое поколение приборов, под которые, соответственно, надо делать и метрику.

Но выяснились существенные проблемы: как вообще характеризовать прибор? Приведу пример. Генеральный директор компании НТ-МДТ Виктор Александрович Быков в первый день делал доклад о метрологических возможностях современных сканирующих зондовых микроскопов. Он, в частности, сообщил, что для калибровки выпускаемых микроскопов они используют тест-образцы, которые разрабатываются в Институте физики полупроводников, конкретно в ЦКП «Наноструктуры». Мы им поставляем малые серии этих образцов, они калибруют с их помощью своё оборудование и продают. То есть метрологическое обеспечение мы делаем. Оно не узаконено. Не узаконено в том смысле, что эти стандартные меры или стандартные образцы, к сожалению, не привязаны к метру.

О чём идёт речь? В своих стандартных образцах мы привязались к параметрам кристаллической решётки кремния. Но для промышленности это неприемлемо, потому что один и тот же порошок можно измерить в разных лабораториях, и будет разная цифра. Стандартный образец для промышленности необходимо привязать к эталону метра — тогда у него появится статус государственного документа. Если бы это удалось сделать, был бы прорыв. И тогда действительно появилось бы настоящее метрологическое обеспечение для производства. Как пошутил во время доклада профессор Павел Андреевич Тодуа, гайка, которую делают в Москве, должна наворачиваться на болт, который делают в Магадане.

В своём научном докладе на Школе я как раз остановился на некоторых подходах к использованию стандартных образцов и современных возможностях, которые появляются на основе знаний о процессах, происходящих на поверхности кристалла, в данном случае, кристалла кремния. Несколько таких предложений мы уже подали в Росстандарт. До конца года у нас запланировано создание нескольких стандартных образцов для метрологии. Именно благодаря такой школе, которая стимулировала эти работы.

Метрология — наука очень сложная и точная. И подход к ней у Сибирского отделения абсолютно правильный. Этот подход к метрологической поддержке заложен и в концепции развития СО РАН, где отдельными строками записано развитие центров коллективного пользования, что открывает широкие возможности для проведения исследований. На примере своего ЦКП «Наноструктуры» могу сказать, что к нам приходят не только одни физики по нашей специальности, но и химики, и биологи. Для наших собственных научных изысканий их объекты не представляют интереса, но мы прекрасно понимаем, что те подходы, которые накапливаются у физиков, приносят ощутимые результаты в других областях.

— **Расскажите хотя бы о некоторых направлениях, по которым прозвучали лекции.**

— Во-первых, необходимо сказать, что Школу открыл главный учёный секретарь СО РАН чл.-корр. РАН Н.З. Ляхов. Этот факт наглядно продемонстрировал, что руководство Сибирского отделения понимает всю важность вопросов диагностики в нанотехнологиях.

Всероссийский научно-исследовательский институт оптико-физических измерений (г. Москва) представляла Наталья Павловна Муравская, которая в своём пленарном докладе дала исчерпывающую характеристику работ по развитию методической базы метрологии наноиндустрии в РФ. Всем запомнились её яркие выступления в дискуссиях.

Самое активное участие в работе Школы приняли специалисты Сибирского научно-исследовательского института метрологии (г. Новосибирск). Директор СНИИМ Владимир Фёдорович Матвейчук рассказывал о метрологическом обеспечении производства элементов СВЧ-техники на основе наноструктурированной керамики, а заместитель директора Геннадий Владимирович Шувалов — о метрологическом обеспечении работ в области нанотехнологий в Сибирском федеральном округе.

Когда формировалась программа Школы, мы решили пригласить сюда, во-первых, микроскопистов. Из Испании приехал Андрей Леонидович Чувиллин. Он раньше работал в Институте катализа, потом в Германии, в Кульме, а сейчас получил должность профессора и лабораторию в Сан-Себастьяне. Он работает на самом высоком мировом уровне электронной микроскопии и сделал блестящую лекцию о количественных методах измерений в современной электронной микроскопии.

Александр Леонидович Васильев, ведущий лабораторией электронной микроскопии в Курчатковском институте, рассказал о нанокристаллических сверхпроводниках и тех проблемах, которые связаны с метрологией в этой области.

Дмитрий Николаевич Захаров, который был приглашён из Америки (Университет Пардю), рассказывал об одностенных углеродных нанотрубках и неких продвижениях в области их каталитического синтеза.

Несколько докладов было связано с работой Центра синхротронного излучения СО РАН, руководимого академиком Г.Н. Кулипановым. Синхротронов не так много в России, а те, что есть, сделаны с участием Института ядерной физики.

Были доклады по лазеру на свободных электронах. Василий Михайлович Попик из ИЯФа рассказывал о применении терагерцевого излучения для нанометрологии. Дмитрий Иванович Кочубей из Института катализа представлял работы по спектроскопии на ЛСЭ.

Интересный доклад был у Сергея Васильевича Цыбули (ИК СО РАН) о применении дифракционных методов в описании порошковых наноматериалов, где он чётко и педантично изложил, в какой области и как надо измерять, какие погрешности при этом возникают.

Владимир Алексеевич Володин из Института физики полупроводников сделал доклад по применению рамановской спектроскопии для характеристики наноматериалов.

Было несколько представителей от Росстандарта. Павел Андреевич Тодуа возглавляет московский Научно-исследовательский центр исследования поверхностей и вакуума, который прежде был при Росстандарте. Они уже делают стандартные образцы в районе сотен нанометров, которые можно использовать и в промышленности, и претендуют на область в десятки нанометров.

При подведении итогов конкурса на лучшую работу среди молодёжи по стендовым докладам первое место занял Ситников Сергей, магистрант НГУ, за работу, связанную с выглаживанием поверхности. Есть такая прорывная идея — научиться выращивать большие плоские участки на поверхности кремния, которые можно использовать и для метрологии. И уже используют. Тема нестандартная и уже запатентованная. Публикацию пока не делали. В КТИ НП у Ю.В. Чугуя для создания интерференционного микроскопа в качестве зеркала используются эти наши изделия. И, в результате, микроскоп вдруг «прорезал» и стал видеть моноатомные ступеньки! А для метрологов это задача № 1 для стандартных образцов: создавать плоские участки и на них делать структуры, т.е. как бы тест на шероховатость или, наоборот, идеально гладкую поверхность.

Вообще, было достаточно много интересных докладов. Около 150 человек в этой школе участвовало. По географии — от Санкт-Петербурга до Владивостока. И зал был всегда заполнен. Очень много было молодёжи. Но молодых мы специально привлекали, чтобы они слушали и делали некие шаги в понимании метрологического обеспечения. И приятно было видеть, что это им интересно и полезно.

Ю. Плотников, «НВС»