

ТЕХНОЛОГИИ

Трёхмерное качество

Текст: Леонид Чанов

Интервью с Никитой Федоровым, начальником отдела технологий контроля ЗАО «Остек-СМТ», о современных возможностях технологии компьютерной томографии.

Расскажите о направлении, которым Вы занимаетесь.

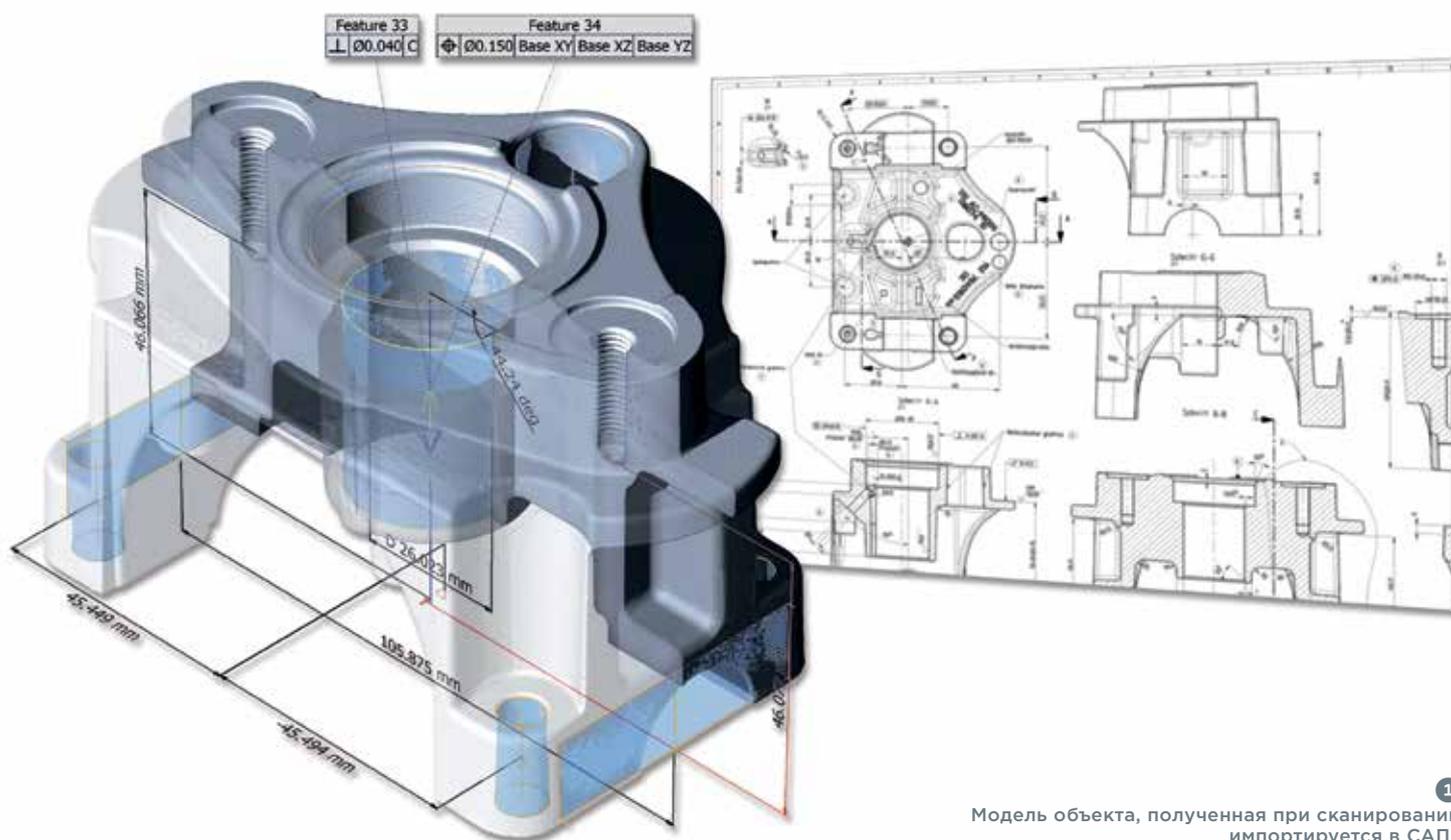
Когда в Остеке создавалось направление технологий контроля качества, предполагалось, что мы будем работать только в электронной промышленности. Однако со временем стало ясно, что не имеет смысла ограничиваться только электроникой, т.к. задачи контроля качества в различных отраслях зачастую схожи и осуществляются на однотипном оборудовании одного производителя. Мы расширили круг приложения своих усилий, и в настоящее время помимо электроники и микроэлектроники Остек работает с производителями, занимающимися металлообработкой и литьем, а также с компаниями нефтегазовой отрасли.

И сегодня задача нашего Отдела технологий контроля (ОТК) заключается в снабжении ОТК предприятий оборудованием. Как видите, даже аббревиатуры совпадают. Наш отдел занимается оборудованием автоматической оптической инспекции и рентгеновскими компьютерными томографами. О последних я предлагаю поговорить подробнее.



Начнем с истории.

Начинали мы с систем 2D-рентгеноскопии компании Phoenix |x-ray, лидера в области рентгеновской инспекции и компьютерной томографии. Рентгеноскопией мы занимаемся более 10 лет, с тех пор как начали сотрудничество с Phoenix |x-ray. В 2007 г. эта компания вошла в состав General Electric, но наше сотрудничество продолжилось. Компания начала свою деятельность с разработок рентгеновских трубок и сумела получить продукцию с уникальными характеристиками. Эти трубки до сих пор производятся и востребованы рынком. И хотя обычные рентгеновские системы исследуют объект, как правило, в двух измерениях, Phoenix |x-ray начала производить 2D-системы с функцией томографии и полноценные 3D-томографы. Поскольку General Electric разделила дилеров рент-



1
Модель объекта, полученная при сканировании, импортируется в САПР

ген-систем и томографов, в 2008 г. наша компания начала поставлять на российский рынок системы 2D-рентгеноскопии с функцией томографии. Однако General Electric по ряду причин не наладила поставку томографов в Россию, и в 2011 г. мы заключили с ней дилерское соглашение о поставках. В том же году мы удачно выполнили два пробных контракта на поставку томографов на российский рынок. Один из томографов был запущен уже в 2012 г. в Казанском государственном университете. В этом году мы поставим еще несколько единиц этого оборудования в Россию.

Томография — относительно новое направление в Остек. Расскажите о ней подробнее.

Томограф представляет собой очень сложное современное производственное оборудование. Его невозможно установить и эксплуатировать, если в компании нет персонала с соответствующим опытом. Как правило, установку и обучение проводит производитель. Но одним из наших заказчиков стало предприятие «Старт» из закрытого города Заречный. Томограф им потребовался для контроля качества литейных заготовок. Представители производителя не могли попасть в закрытый город, поэтому в Германию поехали два опытных инженера Остека с солидным опытом работы в 2D-рентгеноскопии.

Они в течение полугода (!) проходили курс обучения по запуску и наладке томографов. Это уникальный случай, когда General Electric обучала инсталляций столь сложных систем инженеров дилера. Эти же два специалиста поедут в Германию, чтобы пройти следующий этап обучения — сервисное обслуживание второго уровня. На текущий момент мы — единственная в России компания, способная самостоятельно запускать в эксплуатацию томографы Phoenix | x-ray и проводить их сервисное обслуживание.

У нас установились прочные деловые связи с General Electric — эта компания только через нас продает свои томографы в Россию. Даже если от российской компании к ним приходит прямой запрос, они переадресовывают его нам. В компании дорожат своим именем и понимают, что ошибки при запуске и эксплуатации столь сложного устройства способны исказить результат, что, в свою очередь, нанесет ущерб имиджу.

С инсталляцией и сервисом понятно. Но вот томограф приведен в рабочее состояние. Все проблемы позади, и можно начинать работать?

Запуск в эксплуатацию и сервисное обслуживание — часть проблем. Очень важно научиться правильно интерпретировать результат. Этим занимаются инженеры по применению. Здесь самое время сделать

отступление и вкратце описать особенности работы томографа.

При проведении 2D-рентгенографии делается снимок исследуемой области образца. Ее выбор происходит с помощью поворотного стола. При компьютерной томографии образец поворачивается на манипуляторе (аналог поворотного стола в рентгеновской установке, но ось вращения перпендикулярна излучению) на малые углы, и делается несколько тысяч снимков. Таким образом, получается набор проекций образца со всех сторон. Затем при помощи мощного ПК, использующего специализированное ПО, этот набор проекций преобразуется в 3D-модель исследуемого объекта. В этой модели можно проводить сечения исследуемого объекта любой плоскостью, анализ пор и пустот. При этом время сканирования может длиться от нескольких минут до нескольких часов в зависимости от сложности образца. Кстати, возможно и т.н. обратное проектирование — модель объекта, полученная при сканировании, импортируется в САПР **рис 1**.

Понятно, что неподготовленный оператор не сможет начать работу на столь сложном устройстве. Трудно представить себе и специалиста, совмещающего умения и знания по запуску и обслуживанию томографа с навыками работы на нем, умением интерпретировать полученный результат. Хотя полученное на томографе 3D-изображение и мощное программное обеспечение уменьшают влияние человеческого фактора по сравнению с 2D-рентгенографией, окончательное решение на основе полученного массива данных, объем которого зачастую составляет десятки Гб, остается за оператором. Компьютерная станция томографа (о ней я расскажу чуть позже) имеет очень большие возможности по обработке информации, но она не выдаст ответ «хорошо» или «плохо». Последнее слово всегда остается за оператором.

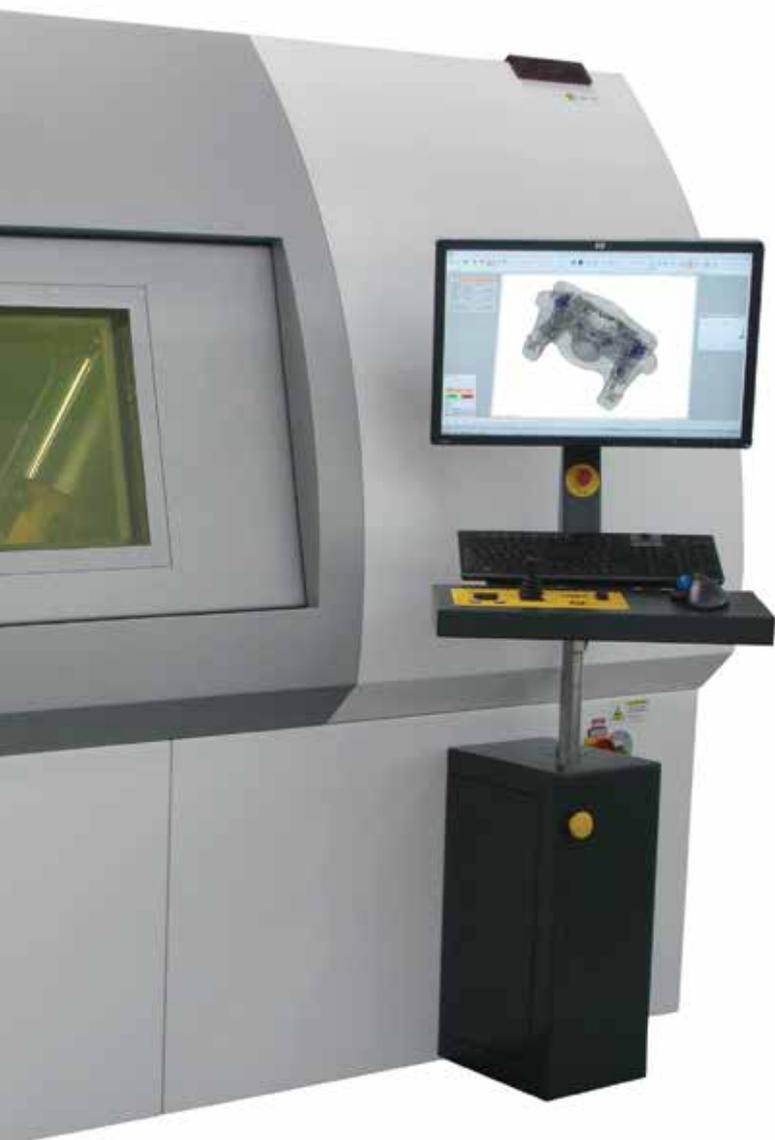
В результате мы пошли по пути General Electric и разделили функции своих специалистов — одни занимаются инсталляцией и сервисом, а инженер по применению обучает операторов заказчика, которым предстоит работать на томографе. Чтобы подчеркнуть важность обучения, скажу, что на заводе Phoenix|x-ray в Германии работают 10 инженеров по применению. Такой специалист имеется и у нас в Остеке. В его функции помимо обучения специалистов заказчика входит и поддержка наших менеджеров по продажам. Он проводит тестовое сканирование образцов на томографе, помогает подобрать заказчику нужную конфигурацию.



Нас часто спрашивают о радиационной опасности при работе с томографом. Могу успокоить потенциальных заказчиков — такой опасности не существует. Производитель гарантирует уровень радиации в 10 раз меньший, чем требуют российские стандарты. Наши измерения подтверждают это: уровень радиации бетонных стен в помещении выше, чем излучение томографа!

Томограф — оборудование высокотехнологичное и цена его, наверное, немаленькая. Едва ли каждый производитель может позволить себе такое приобретение. А контролировать качество необходимо всем. Как быть?

Начну с ответа на первую часть вопроса. Продуктовую линейку General Electric составляет широкий ряд установок: от небольших томографов высотой 2 м и весом



Томограф Phoenix|xray v|tome|x m ²

несколько тонн до целых томографических комнат 6x3,5 м и весом 65 т, в которых манипулятор устанавливается на гранитное основание. Кроме того, велик список опций — до 20 наименований, поэтому выбор достаточно большой. Например, установка может комплектоваться двумя рентгеновскими трубками: микрофокусной с большим ускоряющим напряжением и нанофокусной с меньшим ускоряющим напряжением для исследования мелких объектов со сверхвысоким разрешением. Специалисты в электротехнике и электронике наверняка смогут оценить сложность устройств, если я добавлю, что номинальное ускоряющее напряжение в них в зависимости от типа находится в диапазоне 180–450 кВ. Стоимость томографов варьируется в пределах 30–130 млн руб. Для примера рис 2 показан внешний вид томографа Phoenix|xray v|tome|x m. Стоимость приведённого на рисунке томографа — от 30 до 55 млн руб.

Конечно, такое приобретение едва ли осилит не-

большая компания. Но я хочу особо подчеркнуть, что томограф предназначен для выборочного контроля! Невозможно, да и не нужно проверять каждое изделие в партии. При современных автоматизированных технологиях производства различия между изделиями, произведенными на одной линии, крайне невелики. Проверка на томографе необходима при внесении изменений в технологию в случаях, когда обнаружены отклонения в параметрах или при периодических проверках в рамках стандартной процедуры контроля качества.

Томограф необходим и там, где изготавливаются дорогостоящие уникальные изделия. Как правило, это военная и авиакосмическая техника. Таким образом, для проверки на томографе многим предприятиям логичнее прибегнуть к аутсорсингу, чем приобретать данное оборудование. В этом случае и помогает Остек — мы всегда готовы проконсультировать потенциальных заказчиков или направить их для консультации и исследования образцов к своим клиентам, уже имеющим подобное оборудование. Кроме того, на томографе свет клином не сошелся. Есть и другие методы проверки: оптическая инспекция, 2D-рентгеноскопия. Например, при относительно невысокой плотности монтажа, когда число слоев печатной платы менее восьми, выгоднее использовать 2D-рентгеноскопию. Конкретные рекомендации можно дать лишь после ознакомления с нуждами заказчика.

Поверьте, мы вовсе не заинтересованы в том, чтобы продать дорогой томограф там, где вполне можно обойтись более простым решением. Нам важно предоставить заказчику оптимальный вариант. Кстати, стоимость системы 2D-рентгеноскопии составляет 9–25 млн руб., и наиболее совершенные установки оснащены функцией томографии. Все эти устройства есть в нашей линейке поставок.

Упомяну и о существенном ограничении томографии для контроля электронных изделий — максимальный размер платы, как правило, не должен превышать 100 мм. Связано это с тем, что на плате и в электронных компонентах используются металлы, которые в значительной мере поглощают рентгеновское излучение. Это ограничение не касается изделий из алюминия, магниевых, титановых сплавов. В этом случае диаметр вращения может достигать 0,8 м, а размер образца — 2 м.

Чтобы управлять процессом сканирования, обрабатывать и визуализировать информацию, требуются мощные вычислители. Расскажите об этом аспекте томографии.

Как правило, установка комплектуется двумя компьютерами. Один из них управляет сканированием, а другой представляет собой мощную рабочую станцию (например, объем ОЗУ варьируется в пределах 32–196 Гб в зависимости от исполнения), на которой и производится обработка результатов. При этом даже на такой мощной рабочей станции реконструкция объекта занимает несколько минут! При обработке 3D-модель отображается в одной из четырех частей экрана монитора, а в трех других даются проекции изделия.

Оператор может перемещаться в любой плоскости и анализировать полученные результаты. Программный пакет компании Volume Graphics позволяет создавать различные эффекты и помогает анализировать результаты: можно сделать полупрозрачным металл, пластик; можно подсветить различными цветами дефекты, создавать сечения, проводить измерения, делать сравнения с САПР данными и т.д.

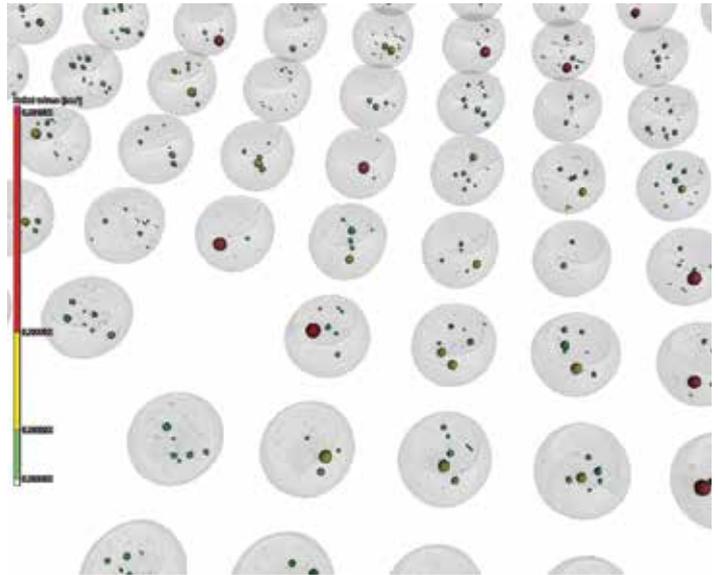
Остек два года занимается томографией. Можно привести примеры, когда полученные с помощью этого метода результаты было бы очень трудно или невозможно получить ранее, до «томографической эры»?

Мне известны далеко не все интересные результаты — по понятным причинам заказчик не всегда спешит их обнародовать. Отмечу, например, исследование плат из низкотемпературной совместно обжигаемой керамики (LTCC). Коллеги попросили нас исследовать образец и остались очень довольны полученными результатами. По их словам, прежде им не удавалось увидеть столь отчетливую и достоверную картину.

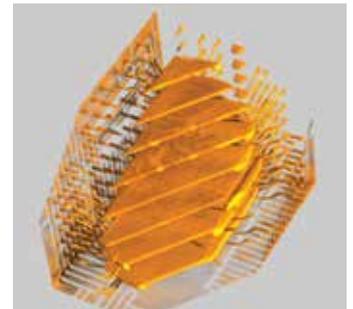
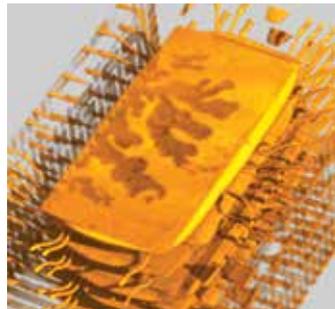
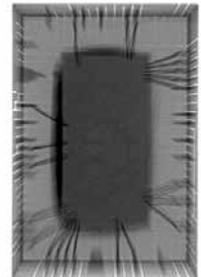
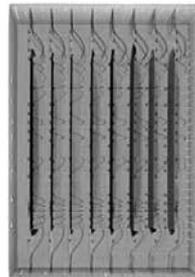
Томография позволяет слой за слоем исследовать чип-индуктивности и чип-конденсаторы.

Хорошие результаты получаются при работе с МЭМС. Томограф находит все большее применение в микроэлектронике. Приведу еще один пример. Нашим коллегам удалось разгадать тайну средневекового замка, который не удавалось открыть несколько столетий. Томографическое исследование позволило обнаружить секрет, и замок открыли. Хотя этот результат и не имеет отношения к электронике или литью, он демонстрирует возможности метода.

На рис 3 приведен результат, полученный при томографии BGA — припой полупрозрачный, пустоты визуализированы в зависимости от их объема, четко видны



3
Томография BGA



4
Результаты рентгеновской инспекции и компьютерной томографии ячейки памяти

Результаты исследования в спорных ситуациях послужат доказательством того, что при отправке продукции от изготовителя она была без брака.

места пайки и смачиваемость КП. На рисунке 4 приведены результаты рентгеновской инспекции и компьютерной томографии ячейки памяти. На рисунке 5 показана томограмма чип-индуктивности 0805.

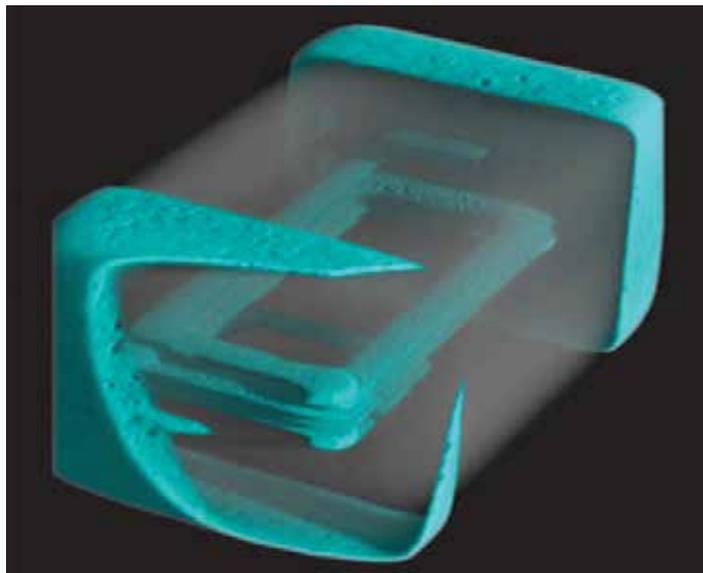
Хочу упомянуть еще одну возможность томографии. Допустим, вы отправляете заказчику небольшое, но сложное дорогостоящее изделие. После его финишной сборки можно провести томографию, чтобы убедиться в отсутствии дефектов. Результаты исследования в спорных ситуациях послужат доказательством того, что при отправке продукции от изготовителя она была без брака.

Томограф — сложная система, состоящая из нескольких частей. Каким образом Остек осуществляет поставку и сборку системы воедино? Расскажите также о сервисном обслуживании этого оборудования.

Мы комплектуем готовое решение, конфигурируем его под нужды заказчика. Собственно томографическую установку мы приобретаем у General Electric. Графический пакет программного обеспечения нам предоставляет Volume Graphics. Замечу, что мы являемся официальными дистрибьюторами этой компании, и наши инженеры прошли обучение в Volume Graphics. Прежде мы приобретали установку «под ключ» у General Electric, но сейчас производитель убедился в нашей квалификации, доверяет нам окончательное комплектование и последующее обслуживание томографических комплексов.

Таким образом, мы не только занимаемся продажами, но и комплектуем установку, обслуживаем ее и обучаем персонал. Нам необходимо поддерживать и координировать связи с компаниями-производителями и с заказчиками. Это нелегкая задача, особенно если учесть, что в штате нашего отдела пока всего три человека. Правда, сервисные инженеры не входят в их число. В Остек существует отдельная служба сервисной поддержки. Сейчас мы активно ведем поиск новых сотрудников.

Мы предлагаем покупателям различные варианты конфигурации томографической установки, наилучшим образом соответствующей их задачам. Наше стандартное предложение, как правило, включает в себя доставку, такелаж, запуск установки, обучение персонала и сервисную поддержку.



5
Томограмма чип-индуктивности 0805

Вы уже приобрели опыт работы с томографами. Думаете ли предлагать новые сервисы? Как оцениваете перспективу развития направления?

Да, обязательно предложим новые сервисы — сейчас заканчивается работа по внесению томографов GE в Государственный реестр средств измерений. До нас этого никто не делал. Для чего это нужно? Допустим, обнаружена пустота в литье, занимающая 25% объема изделия. Дефект это или нет? Изготовитель утверждает, что пустота не должна превышать 20% объема. Если томограф не является средством измерения, то полученный результат нельзя считать доказательством дефекта. Если же томограф внесен в этот реестр, то его измерения подкреплены соответствующими документами. Об этой работе будет написана отдельная статья.

Перспективы у нас очень неплохие. Мы начали с двух томографов в 2011 г., в этом году запланирован еще ряд инсталляций. Главное, что мы вышли на рынок томографии. Нас уже знают, знают наши возможности и квалификацию.

Думаю, через год-два мы можем стать одними из лидеров этого рынка.