

Ивашов Сергей Иванович

лауреат премии Правительства РФ, начальник Лаборатории дистанционного зондирования МГТУ им. Н.Э.Баумана - "Использование голографических подповерхностных радиолокаторов при обследовании и реконструкции объектов культурного наследия России и Италии"

Вначале, я должен извиниться. Мне привычно выступать перед технической аудиторией на научно-технических конференциях, а вот перед аудиторией подобного состава я выступаю в первый раз. Я не мог изменить свою презентацию, поэтому мне сейчас придётся каким-то образом адаптировать к аудитории то, что я буду рассказывать. Речь идёт о так называемых голографических подповерхностных радиолокаторах. Это международный проект, в котором работают наши российские учёные из моего университета, а также итальянские коллеги из университета Флоренции и американцы из Пенсильвании. Речь пойдёт о неразрушающем контроле. Есть стандартные методы неразрушающего контроля – это, например, рентгеновская съёмка, об этом сегодня уже говорили. Есть ультразвуковые устройства разного рода и, наконец, томографы, работающие на различных принципах. Я скажу, чем они отличаются, какие у них недостатки и преимущества. Рентген очень хорошо работает, когда Вы можете обследовать объект на просвет. Например, для контроля багажа или просвечивания человеческого тела это почти идеальное устройство. В том смысле, что есть большой опыт и разнообразная аппаратура. Но когда речь идёт о поверхности односторонней, например, Земля по определению односторонняя поверхность, или если мы рассмотрим какие-то экзотические устройства, например, нейтринные телескопы, то её на просвет посмотреть нельзя, её можно посмотреть только с одной стороны – в этом случае рентгеновская аппаратура практически неработоспособна, хотя есть рентгеновские аппараты, которые на небольших глубинах могут на отражение все же что-то померить. Ультразвуковые аппараты. Они хорошо работают по сплошным средам: любая звуковая волна хорошо отражается даже на мельчайшей трещине. Поэтому в средах однородных, например, вода, литой бетон, литых металлических конструкций ультразвуком можно диагностировать многое - это тоже стандартный метод. Недостаток: невозможность обследовать конструкции, которые содержат поры, трещины и так далее.

С начала 60-х и годов начинают применяться так называемые подповерхностные радиолокаторы. Это устройства, обладающие очень широким рабочим диапазоном, они работают по принципу обычного радиолокатора, только они просвечивает оптически непрозрачные среды. Традиционные локаторы хорошо работают в космосе и в воздухе, а вот не прозрачной среды – из-за большого затухания электромагнитных волн – их дальность ограничена. Если речь идёт о земле, это 10 метров максимум. Есть устройства, которые зондируют в сухих грунтах и на больших глубинах, например, в Подмосковье, там, где суглинки ещё влажные, доступные для подобных радиолокаторов глубины составляют несколько метров и не более. Подповерхностные радиолокаторы традиционно разрабатывались как импульсные локаторы. Практически все локаторы, которые производятся сегодня в мире, относятся к импульсному типу. То есть, излучаются короткие импульсы и по времени задержки отраженного сигнала измеряется глубина, на которой находится зондируемый объект.

Долгое время считалось, что так называемый голографический локатор - это бесперспективное из-за малой глубины зондирования устройство. Это действительно так. У них есть существенный недостаток – маленькая глубина зондирования. Однако нам удалось сконструировать достаточно удачную модель подобного локатора и запустить её в

производство, найдя область применения, которая оправдывала бы их многосерийное производство. Этим мы и занимаемся. Мы продаем их по всему миру – от Австралии до Америки. Вот здесь приведена схема этих локаторов двух типов, но я не буду вдаваться в технические детали.

Это принцип построения простейших голограмм, его я тоже опущу. Вот так вот выглядят подповерхностные радиолокаторы голографического типа, которые мы производим. Вот они здесь, два локатора, которые работают в различных диапазонах длин волн. Какое преимущество наших приборов по сравнению, например, с рентгеновскими приборами? С рентгеном вообще никто не любит работать, хотя бы из-за того, что существует опасность облучения. Мощность, которую мы излучаем, составляет несколько мВт, меньше десяти, это на два порядка меньше, то есть приблизительно в сто раз меньше, чем мощность, изучаемая сотовым телефоном.

По сути дела, мы работаем под шумами электромагнитными, это абсолютно безопасно для оператора устройства, в отличие от рентгеновских приборов. Вот здесь вот приведены параметры приборов, которые мы производим. Вот так он выглядит в комплекте поставки. Этот проект последние 15 лет развивается как международный проект. Вот здесь вот наша команда совместно с американскими и итальянскими коллегами в Италии. Эта церковь Святого Баджо в Таскани, это где-то между Сиеной и Флоренцией. Её построил тот же самый архитектор, один из тех архитекторов, который проектировал и строил церковь Святого Петра в Ватикане. Справа, здесь в центре, Тим Биктол, профессор Пенсильванского университета, в голубой рубашке на заднем плане профессор Капинелли из университета Флоренции. Обследуют пол этой церкви с помощью импульсного американского локатора фирмы GSSI. Наш прибор использовался для обследования медальона на полу церкви. Вот здесь слева видно, как сотрудник лаборатории сканирует этот мраморный медальон. А вот здесь вот приведено изображения того, что удалось обнаружить под этим медальоном. По нашим предложениям, там какая-то ниша находилась. После нашего отъезда Копинелли послал одного из своих аспирантов, он возился в архиве этой церкви и установил, что под этим медальоном был захоронен какой-то там высокопоставленный церковный клирик. Естественно, нам никто не разрешал вскрывать пол, ну вот мы были удовлетворены тем, что мы действительно что-то там обнаружили. Копинелли пытался смоделировать эту ситуацию - он взял два кирпича, накрыл их плитой и просканировал.

Слева, вот здесь, мы видим внизу изображение, которое было получено голографическим подповерхностным локатором, а справа, он, для того, чтобы получить температурный контраст, взял и охладил эти кирпичи в холодильнике, поставил под плиту и использовал инфракрасную камеру. Справа Вы увидите снимок, который дает инфракрасная камера. Левое изображение в СВЧ-диапазоне без всяких ухищрений было получено. Вот здесь вот ещё один эксперимент: была взята каменная плита, у которой были трещины, она была смочена и вытерта насухо. Вода обладает очень высоким контрастом в СВЧ-диапазоне. И вот левое изображение - это радио изображение, полученное подповерхностными радиолокаторами, там видны вот эти трещины, а справа – это уже инфракрасная камера, тут ничего не захолаживалось, из-за того что вода испарялась, появился температурный контраст, и вот инфракрасная камера тоже позволила увидеть здесь трещины.

Это эксперимент, который уже поставил Тим Биктол. Он взял несколько балок, которые были изъедены термитами. Вверху видны эти балки, две с термитными полостями и правая при отсутствии следов термитов. Средний ряд - это изображение, полученное подповерхностным локатором, видны внутренние полости, которые проели термиты. Вот внизу уже инфракрасный снимок этих же балок. Несколько лет назад, когда проводилась реконструкция здания Сената под Конституционный суд, к нам обратились строители с такой просьбой. Там все было переиначено. В верхнем ряду справа увидите изразцовую печь, естественным образом, уже в XXI-м веке никто топить печки не будет. Под полом уложены трубы тёплого пола, связанные охранная сигнализация электрические, все это было уложено на сетку 15x15 металлическую и пластиковыми жгутами они были принаитованы, залиты бетоном. Строителям потребовалось уложить на это бетонное основание паркет. По технологии требуется дюбелями, то есть такими металлическими гвоздями, сначала пришить фанеру, а потом укладывать паркет. Вообще, на



тёплый пол паркет не укладывается, он может коробиться, но, тем не менее, наверное, администрации президента виднее.

Они хотели, чтобы там был пол. Строители боялись повредить коммуникации и обратились к нам с просьбой посмотреть, что же находится там под полом. Это связано с тем, что вот эти все связные, охранные, трубы тёплого пола и тому подобные коммуникации укладывали разные команды. И в общем-то не оставили никаких следов, ни чертежей ничего, ни фотографий. И вот они боялись повредить пол. Вот работа нашего локатора, вот эти вертикальные линии – это следы от металлической Сетки 15x15, о которой я говорил. Поляризация была выбрана таким образом, чтобы горизонтальные прутья мы не видели. Дальше вот эта вот змея извивающаяся - это трубы тёплого пола, дальше там набор целых контрастных элементов - это различного рода кабели. По результатам работы мы нарисовали расположение различных коммуникаций и после этого уехали, потому, как мы приехали только на один день. Утром приехали, а вечером уже сели на поезд и уехали в Москву, у нас не было времени. Вот здесь видно в одном месте полученное радио изображение, но такое впечатление, как будто оно объемное. На самом деле, это не совсем так, это связано с устройством локатора. Тут видно как трубы тёплого пола огибают, какой-то толстый кабель. Такое вот характерное изображение можно получать. Гостинице «Ленинградская», тут то же самое.

Во время реконструкции надо было обнаружить трубы коммуникации пожаротушения. Вот здесь вот было получено схема, которая была передана строителям. Вот это уже совсем частный случай, частный дом. Слева Вы видите фотографию - две батареи отопления, к ним не подходит трубы, трубы были пластиковые, которые были брошены под бетонной стяжкой, нужно было обнаружить их расположение. Здесь вот приведены результаты этого сканирования, видны эти трубы. Один из локаторов у нас купили коллеги из университета Падуи. Вот здесь они начали эксперименты с ним, это церковь в Палермо. Пытаются установить следы реконструкции и установить, где оригинальная мозаика, а где более поздние наслоения. Вообще говоря, мы являемся единственным производителем голографических локаторов, и несколько лет назад было празднование в Великобритании 350-летия Лондонского королевского общества, это национальная академия наук Великобритании.

Мы были единственной компанией, которую туда пригласили. И мало того, там было несколько сот экспозиции, мы попали в так называемый шорт-лист - пять экспозиции, которые в первый день демонстрировали VIPам. Нам привели на стенд королеву Великобритании, очень она задумчиво рассматривает наш прибор. Я хочу сказать что, вообще говоря, я не очень понимал аудиторию, я взял только объекты, которые какое-то отношение имели к культуре, объектам культурного наследия. На самом деле, у нас есть достаточно большая картотека объектов, стены различного характера, когда по сканированию стены можно установить ее характер, из чего она сделана, то ли это бетонная стена, то ли кирпичная, то ли шлакобетонная. Это видно, но, к сожалению, не вошло у меня в экспозицию. Тут у меня небольшой шутка, мы гостей развлекаем в лаборатории.

