

коэффициента корреляции. На что и будут направлены дальнейшие исследования.

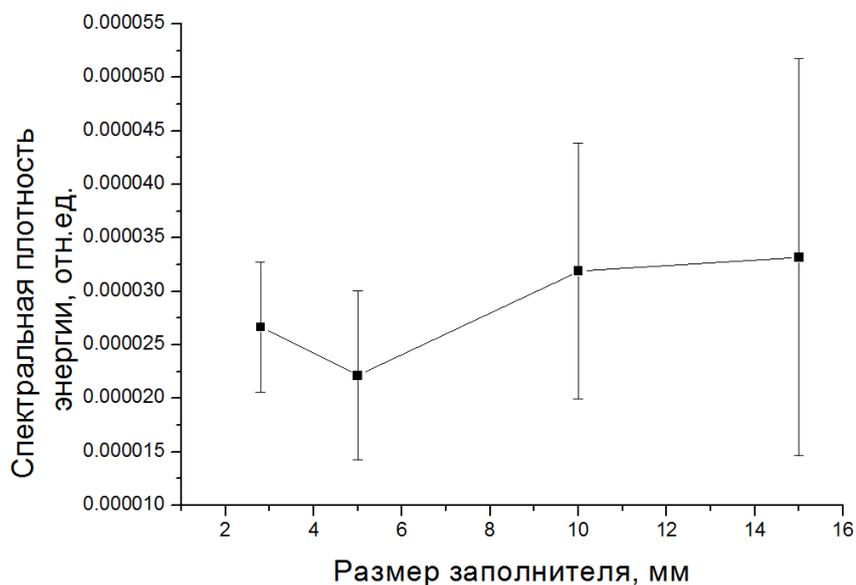


Рисунок 2 – График разброса спектральных энергий в зависимости от размера заполнителя.

## **ЗНАКОМСТВО С МЕТОДОМ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ДЕФЕКТНОСТИ ПО ПАРАМЕТРАМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОТКЛИКА НА ИМПУЛЬСНОЕ МЕХАНИЧЕСКОЕ ВОЗБУЖДЕНИЕ**

*Демченко П.В.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

Строительные материалы часто используются в силовых конструкциях, где высока вероятность их непредвиденного разрушения в процессе эксплуатации, поэтому задача контроля их качества и диагностики разрушения имеет очень важное практическое значение. Используемые для контроля дефектности и прочности механические и ультразвуковые методы неразрушающего контроля обладают невысокой точностью и низкой чувствительностью к внутренним неоднородностям. Именно поэтому появилась потребность в создании альтернативного вида неразрушающего контроля. Но прежде разберемся, почему же стандартные методы не совершенны.

Механические методы неразрушающего контроля прочности основаны на том, что прочность бетона при сжатии связана с другими механическими свойствами: твердостью, сопротивлением отрыву,

усилием при скалывании небольшого куска бетона. В зависимости от вида оцениваемого механического свойства используют следующие методы неразрушающих испытаний: пластической деформации; упругого отскока; отрыва (или отрыва со скалыванием); скалывания ребра. Кроме того, в отдельных случаях применяют методы взрыва, забивки и выдергивания стальных деталей, измельчения. Выбор того или иного метода испытаний бетона зависит от цели испытания, а также от требований к точности получаемых результатов и удобству проведения испытаний.

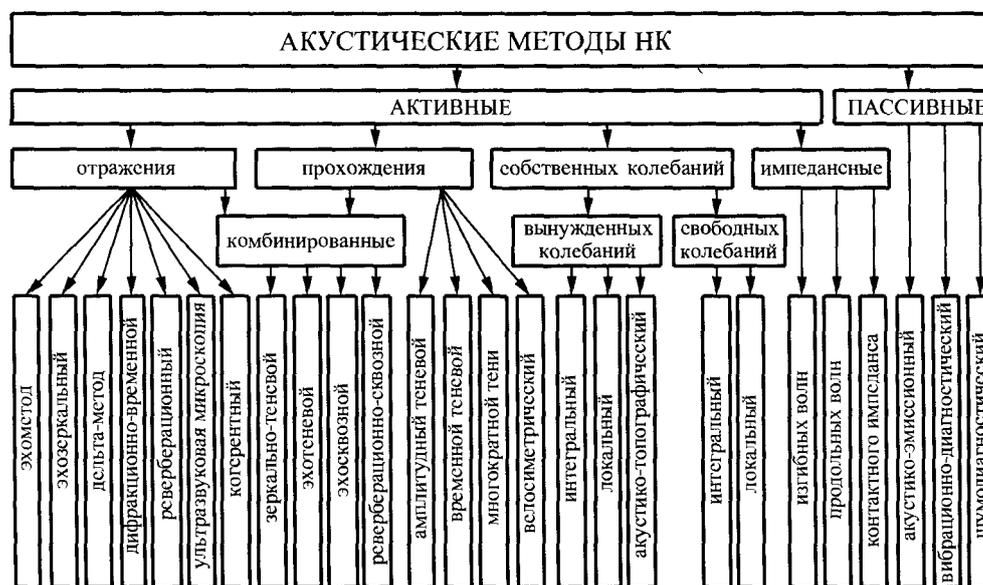
Метод пластической деформации — наиболее распространенный — основан на вдавливании в поверхность бетона стального шарика или другого штампа путем удара или приложения статического давления. По показателю твердости бетона, определенного путем измерения размеров отпечатка (лунки), который остался в бетоне после удара, оценивают прочность, пользуясь тарировочной кривой, полученной по данным параллельных испытаний образцов на прочность и твердость. Метод упругого отскока заключается в том, что специальным ударником легко ударяют по плоскому штампу, прижатому к бетону. Величина обратного отскока ударника от штампа характеризует твердость бетона, по которой с помощью тарировочной кривой вычисляют его прочность. Метод упругого отскока, как и метод пластической деформации, основан на измерении поверхностной твердости бетона.

Отличие состоит в способе ее измерения, а также в том, что в бетоне не возникают пластические деформации (т. е. не образуется лунка). Для испытания методом упругого отскока применяют пружинные или маятниковые приборы (молотки).

Метод отрыва основан на измерении усилия, которое требуется для отрыва небольшого куска бетона вместе с ранее заделанной или приклеенной к его поверхности стальной деталью. В зависимости от прикрепляемых деталей различают два варианта этого метода: отрыв (со скалыванием) при выдергивании анкера, заделанного в бетон, и отрыв плоского диска, приклеенного к бетону.

Метод скалывания применяют при наличии в конструкции ребер, на которые можно снаружи установить стальную скобу с выступами высотой 1...3 см. При боковом давлении на скобу скалывается часть ребра глубиной, равной высоте выступов скобы. Усилие, необходимое для скалывания, служит показателем прочности бетона, которую определяют по тарировочной кривой.

Акустические методы НК подразделяют на две большие группы: активные и пассивные методы.



Активные методы основаны на излучении и приеме упругих волн, пассивные – только на приеме волн, источником которых служит сам объект контроля. Активные методы делят на методы отражения, прохождения, комбинированные, собственных колебаний и импедансные. Методы отражения основаны на анализе отражения импульсов упругих волн от неоднородностей или границ объекта контроля (ОК), методы прохождения – на влиянии параметров ОК на характеристики прошедших через него волн. Комбинированные методы используют влияние параметров ОК как на отражение, так и на прохождение упругих волн. В методах собственных колебаний о свойствах ОК судят по параметрам его свободных или вынужденных колебаний (их частотам и величине потерь). В импедансных методах информативным параметром служит механический импеданс ОК в зоне его контакта с преобразователем. Пассивные методы НК классифицируют по характеру анализируемых сигналов. [1]

Существует несколько методов возбуждения ультразвуковых волн в исследуемом объекте. Наиболее распространенным является использование пьезоэлектрического эффекта. В этом случае излучение ультразвука производится с помощью преобразователя, который преобразует электрические колебания в акустические с помощью *обратного пьезоэлектрического эффекта*. Отраженные сигналы попавшие на пьезопластину из-за *прямого пьезоэлектрического*

*эффекта* преобразуются в электрические, которые и регистрируются измерительными цепями.

Также используются электромагнитно-акустический (ЭМА) метод, основанный на приложении сильных переменных магнитных полей к металлу. КПД этого метода гораздо ниже, чем у пьезоэлектрического, но зато может работать через воздушный зазор и не предъявляет особых требований к качеству поверхности.

Основные недостатки акустических методов, относящиеся прежде всего к высокочастотным методам:

1) Трудность или невозможность контроля изделий из неоднородных, крупнозернистых материалов (нетермообработанных литых металлов, например аустенитных сталей, некоторых типов чугунов и т.п.);

2) Требование ровной, гладкой поверхности ввода изделия;

3) Трудность или невозможность контроля изделий малых размеров и сложной конфигурации;

4) При традиционном ручном контроле - отсутствие объективного документа о факте выполнения контроля и его результатах, подобного рентгеновской пленке;

5) Трудность или невозможность определения характера дефекта и его реальных размеров.

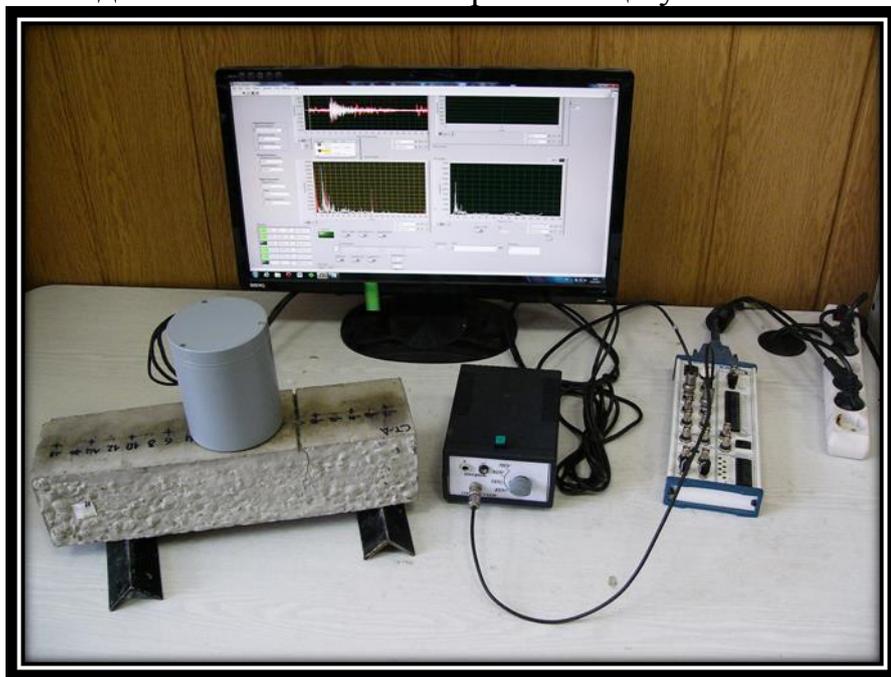
Особенностью УЗ-контроля (в большей степени, чем других неразрушающих методов) является то, что дефекты обнаруживаются и правильно квалифицируются с определенной степенью вероятности, т.е. не со 100 %-ной достоверностью.

Причины этого заключаются как в субъективных ошибках дефектоскописта, так и в ошибках объективных, т.е. не зависящих от дефектоскописта и аппаратуры. Эти ошибки связаны с особенностью дифракции УЗ на несплошностях и со спецификой материала ОК. В ЦНИИТмаше создан учебный курс "Ультразвуковая дефектоскопия - вероятностный аспект" на лазерном диске. В нем особое внимание обращено на факторы, влияющие на достоверность обнаружения; точность измерения величины дефектов и различные ошибки, возникающие при контроле.

Механоэлектрические преобразования заключаются в смещении зарядов двойного электрического слоя, всегда присутствующего на границе контакта компонентов в композиционных материалах, акустическими волнами, формирующимися в образце при его

импульсном механическом возбуждении и пьезоэффекте при деформации пьезоэлементов той же акустической волной.

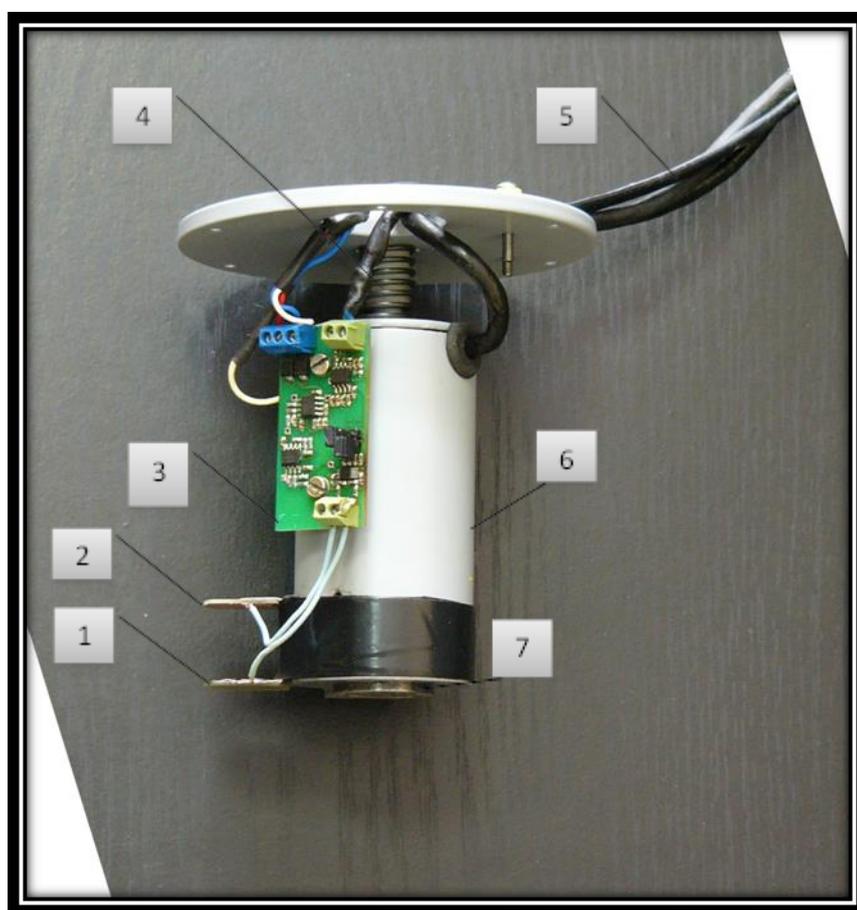
Исследование выполняется при помощи установки:



Импульсное механическое возбуждение образцов осуществляли электромеханическим ударным устройством, позволяющим производить однократный удар. Это устройство находится в корпусе, в котором так же содержатся две пластины (электрические приемники), металлическая подложка, источник питания, коммутационное реле, плата ввода – вывода. Еще совсем недавно, все эти составляющие были разделены и устанавливались отдельно, что было неудобно. Создавались трудности в проверки изделий – как крупногабаритных, так и являющихся частью сооружений. То есть тех, к которым либо невозможно подобраться с разных сторон, либо тех, которых нельзя перемещать. Сейчас же компактность установки помогает ей быть более мобильной.

Акустические волны формируются в образце при ударном возбуждении. Ударное устройство представлено металлическим стержнем, движущимся в катушке индуктивности. Он ударяет по металлической подложке. Возникает акустическая волна. Под её действием происходит появление заряда (на гранях пьезокварца) и движение этих зарядов и зарядов двойных электрических слоев, приводящие к изменению напряженности электрического поля, в результате чего возникает ток смещения, который течет по замкнутым орбитам. Электрическое поле констатирует приемник, который состоит из двух воспринимающих элементов в виде плоских металлических

пластин. Одна из пластин является измерительной и размещается на расстоянии 2 мм от поверхности образца, а другая – компенсационная находится на расстоянии 4-5 см от образца. Измерительная пластина воспринимает как полезный сигнал, так и электромагнитный сигнал удаленной помехи, в то время, как компенсационная пластина удалена от источника полезного сигнала и практически воспринимает только удаленную помеху, что позволяет на выходе дифференциального датчика существенно уменьшать уровень дальней помехи и повысить соотношение сигнал-помеха. Сигналы с электрических приемников поступали на входы предварительных усилителей и регистрировались с помощью многофункциональной платы ввода-вывода «NI PCI-6251», позволяющей осуществлять оцифровку временной реализации сигнала и быстрое Фурье-преобразование.



1-Измерительная пластина; 2-компенсационная пластина; 3-плата ввода-вывода; 4-пружина; 5-провода; 6-металлический цилиндр, содержащий стержень с обмоткой индуктивности; 7-металлическая подложка.

Данная схема позволяет производить измерение тока, протекающего через входное сопротивление измерительного прибора,

по замкнутой электрической цепи, в которую включен образец, содержащий внутри источник переменного электрического поля. Данный способ метода неразрушающего контроля позволяет получать информацию о наличии дефектов в образце, характеризует его параметры.

В настоящее время в Томском Политехническом Университете, в «Проблемной научно-исследовательской лаборатории электроники, диэлектриков и полупроводников» проводятся исследования механоэлектрического метода, его усовершенствование. На данный момент уже имеется патент №2453824 «Способ контроля прочности изделий из твёрдых материалов».



1 - механический ударник; 2 – приемник импульсов электромагнитной эмиссии;  
3 - индикатор

Регистратор используется для определения механической прочности твердых тел: в строительной индустрии (при изготовлении и монтаже железобетонных конструкций); в коммунальном хозяйстве (при оценке технического состояния эксплуатирующихся сооружений); в других отраслях, где используются бетонные и железобетонные конструкции.

В зависимости от решаемых задач регистратор может быть использован для определения механической прочности (класса) бетона в отраслях, где используются бетонные и железобетонные конструкции; для дефектоскопии материалов и изделий; обнаружения скрытых дефектов; неразрушающего контроля качества и прочности материалов. В настоящее время регистратор “Прочность-1” успешно применяется при оценке технического состояния автодорожных мостов в Томской, Тюменской, Новосибирской, Кемеровской и Амурской областях, а также на Алтае и в Красноярском крае.

### **Преимущества**

Метод контроля не требует специальной подготовки поверхности, так как измерительный детектор не имеет контакта с поверхностью

материала и может использоваться при одностороннем доступе к изделию;

- в отличие от методов склерометрии, предлагаемый метод реагирует на наличие дефектов структуры бетона и измеряет интегральное значение прочности в некотором объеме материала, а не только на его поверхности;

- анализ результатов измерений показал, что точность определения прочности бетона с помощью разработанного регистратора “Прочность-1” в два раза выше, в сравнении со склерометрами различных типов, и на 30% выше, в сравнении с ультразвуковыми дефектоскопами.

### **Принцип работы**

Источниками импульсов электромагнитной эмиссии являются дефекты структуры материала типа микро- и макротрещин, расслоений, инородных включений, границ раздела заполнителя и матрицы. Упругая волна, создаваемая ударом, приводит в движение электрические заряды, имеющиеся на таких дефектах структуры. Возникает внешнее импульсное электромагнитное поле, регистрируемое прибором. Анализ формы сигналов электромагнитной эмиссии по заданным алгоритмам позволяет оценить физико-механические свойства материала. Метод удачно совмещает как достоинства акустических методов контроля, так и несет дополнительную уникальную информацию об электрическом строении и дефектности бетонов, а, следовательно, более точные данные об их прочностных свойствах.

### **Список информационных источников**

1. Клюев В. В. : Справочник – «Неразрушающий контроль», издательство «Машиностроение», Москва 2004г.;

2. Фурса Т. В.; Суржиков А. П. Клименов В.А.: «Физических основ неразрушающего контроля строительных материалов по параметрам электромагнитного отклика на импульсное механическое возбуждение», издательство ТПУ. Томск 2010г.;

3. Электронный ресурс : <http://www.allbeton.ru>. «Оценка качества строительных материалов»;

4. Электронный ресурс: <http://www.journals.elsevier.com/ndt-and-e-international>

5. Электронный ресурс:  
<http://www.imces.ru/index.php?rm=news&action=view&id=407>