

## **АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОВРЕЖДЕННОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

**Дорофеев В.С., д.т.н., профессор, Зинченко А.В., аспирант,  
Бабий И.Н., к.т.н., доцент, Филиппова И.В., Головатюк Ю.В.**

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*

В современном строительстве железобетонные конструкции являются наиболее распространённым. Во второй половине XX века резко возросло применение монолитного железобетона. Темпы его применения не снижаются и по сегодняшний день. Можно смело утверждать, что за ближайшие десятилетия монолитный железобетон стал основным материалом для возведения зданий и сооружений. Конструкции из него по некоторым важным показателям, например огнестойкости, превосходят металлоконструкции.

Опыт применения железобетона показывает, что простой перенос результатов лабораторных исследований малоразмерных конструкций, к натурному его применению невозможен или не обладает требуемой точностью, что и требует применения неразрушающих методов контроля и определения скрытых дефектов.

Как известно, в материалах уже на стадии их изготовления и использования в строительных конструкциях возникают наряду с усталостными трещинами, так называемая технологическая поврежденность.

Технологические (начальные) трещины, являющиеся неотъемлемой частью структуры бетона, нарушают её целостность и изменяют физико-механические характеристики бетона. В этой области проведено мало исследований, в основном, на образцах малых размеров. На их основе не представляется возможным определение влияния начальной поврежденности на работу натуральных конструкций, например, балок, являющихся наиболее распространённым видом железобетонных конструкций.

Как и в нашей стране, так и за рубежом существуют нормативные документы, которые акцентируют внимание на обеспечение трещиностойкости железобетона каркасно-монолитных или монолитных зданий и сооружений при их возведении. Анализ работ показал [1, 3], что на сегодняшний день определены допустимые параметры технологических трещин. В свою очередь в руководствах и пособиях по проекти-

рованию конструкций монолитных зданий не даны способы учета технологических трещин. В этом случае проектировщик вынужден полагаться на нередко противоречивые заключения по результатам обследований зданий или собственный опыт. Это влечет за собой возникновение различных мнений о влиянии трещин на работу несущих конструкций здания и о необходимости борьбы с ними, или же необходимости ввода ограничений по характеру и раскрытию трещин в зависимости от особенностей конструктивного решения здания.

В большинстве работ рассматриваются особенности образования и развития трещин, характер разрушения, влияние основных факторов на прочность и трещиностойкость изгибаемых элементов. Среди этих работ можно выделить труды А.Я. Барашикова, Н.И. Карпенко, В.Н. Вырового, А.А. Гвоздева, Б.М. Гладышева, А.Б. Гольшева, В.С. Дорофеева, Ю.В. Зайцева, А.С. Залесова, М.М., Холмянского, Й.Й. Лучко, Г.Л. Черепанова и др. При этом не удостоена такого внимания технологическая поврежденность самого материала. Изучению этого показателя с начала 90-х годов прошлого века в большей мере посвящены работы Вырового В.Н., Дорофеева В.С. и др.

Среди большого количества приборов основное место занимают те, которые позволяют производить исследования методом неразрушающего контроля. Именно такой метод позволяет исследователю и специалисту экономить материальные и экономические ресурсы.

Анализ отечественных и зарубежных источников показал, что нишу в этом сегменте занимают приборы ультразвуковой диагностики

Ввиду небольшого количества работ и исследований, связанных с технологической поврежденностью, актуальным является поиск наиболее оптимальных методов и методик её определения, в том числе и в натуральных условиях.

В свою очередь резервы исследований во многом определяются приборами и их возможностями (характеристиками).

Акустический вид неразрушающего контроля основан на регистрации параметров упругих колебаний, возбуждаемых и (или) возникающих в контролируемом объекте.

В акустическом виде неразрушающего контроля чаще всего применяют звуковые и ультразвуковые частоты, используя диапазон частот приблизительно от 0,5 кГц до 30 МГц. В случае, когда при контроле используют частоты свыше 20 Гц, допустимо применение термина «ультразвуковой» вместо термина «акустический».

По характеру взаимодействия упругих колебаний с контролируемым материалом акустические методы подразделяют на следующие основные: использующие излучения (теневого, зеркально-теневого); от-

раженного излучения (эхо-импульсный); резонансный; импедансный; свободных колебаний; акустико-эмиссионный.

По характеру регистрации первичного информативного параметра акустические методы подразделяют на амплитудный, частотный, спектральный.

Акустические методы неразрушающего контроля решают следующие контрольно-измерительные задачи: использование излучения выявляет глубинные дефекты типа нарушения сплошности; метод отраженного излучения обнаруживает дефекты типа нарушения сплошности, определяет их координаты, размеры, ориентацию путём прозвучивания изделия и приёма отраженного от дефекта эхо сигнала; резонансный метод применяется в основном для измерения толщины изделия (иногда применяют для обнаружения зоны коррозионного поражения); акустико-эмиссионный метод обнаруживает и регистрирует только развивающиеся трещины или способные к развитию их под действием механической нагрузки (квалифицирует дефекты не по размерам, а по степени их опасности во время эксплуатации). Метод имеет высокую чувствительность к росту дефектов - обнаруживает увеличение трещины на (1...10) мкм, причём измерения, как правило, проходят в рабочих условиях при наличии механических и электрических шумов.

Методы обследования разных типов строительных конструкций зависят от статической схемы работы и конструкторского решения элементов и узлов. Каждый вид железобетонных конструкций отличается своими особенностями работы при загрузке, своей картиной образования, развития и раскрытия трещин, характером разрушения. По обнаруженным характерным трещинам обследователь может определить причины их образования, оценить степень напряженного состояния конструкции.

В нашей стране существует система выборочного контроля качества железобетонных конструкций балочного типа, регламентируемая ГОСТ 8829-94, когда из конструкций определенной партии выбирают для контроля лишь несколько изделий, которые испытывают методом статического нагружения до разрушения. Такой метод контроля экономически неэффективен и не обеспечивает достоверности результатов контроля. Если не доводить конструкцию до разрушения и проводить статические испытания в упругой стадии до образования трещин, можно добиться существенной экономической выгоды и контролировать качество конструкций, находящихся в эксплуатации.

Неразрушающий метод контроля бетона в нашей стране и за рубежом один из самых востребованных методов проверки качества бетона и бетонных конструкций.

Сравнительный анализ отечественных и зарубежных приборов ультразвуковой диагностики, которые чаще всего применяются в исследованиях железобетонных строительных конструкций, показал следующее. Наиболее популярными в методах неразрушающего контроля являются такие отечественные приборы как: ультразвуковой тестер Ук1401; ультразвуковой прибор ПУЛЬСАР-1.1; ультразвуковой томограф А1230; дефектоскоп ультразвуковой низкочастотный А1220.

Указанные выше приборы, осуществляющие методы неразрушающего контроля, характеризуются следующими областями применения: определение прочности; поиск дефектов; определение глубины трещин в изделиях и конструкциях из бетона и железобетона.

Неразрушающий метод контроля бетона приборами Ук1401 и ПУЛЬСАР-1.1 происходит по принципу, основанному на измерении скорости распространения продольных ультразвуковых волн, в интервале рабочих частот до 70 кГц. Дефекты выявляются по аномальному снижению скорости ультразвука. Предоставляемая возможность поверхностного (в интервале 0.1-0.5 м) и сквозного прозвучивания (первые дециметры) изделий из бетона, накладывает существенное ограничение по глубине обследования, при имеющемся одностороннем доступе к конструкции.

В свою очередь среди приборов зарубежного производства наиболее часто встречаются такие как ТС-200 и ТС-400, а также ТС-300, который в силу своих ограниченных возможностей позволяет измерить толщину бетонных плит. Тем самым предоставляется некоторая косвенная возможность обнаружения трещин пронизывающих толщу бетона.

Датчик ТС-200 используется для измерения глубины трещины бетона, применяя принцип акустической дифракции. Он также может быть использован для измерения скорости распространения ультразвуковой волны в бетоне.

Этот инструмент является своего рода неразрушающим прибором для испытаний, обладающим функциями автоматического обнаружения с сохранением памяти данных, которые выводятся на дисплей.

Датчик ТС400 используется в настоящее время для автоматического обнаружения ширины поверхностных трещин в разных материалах и реального времени наблюдения разрушения.

Этот прибор является своего рода интеллектуальным прибором, для испытаний, который также обладает функциями автоматического об-

нарушения дефектов с сохранением памяти с выводением результатов на дисплей.

Эти функциональные особенности приборов зарубежного производства позволяют с большой точностью производить измерения, могут автоматически обнаруживать дефекты, а также способны сохранять результаты во встроенной памяти и выводить необходимые данные на дисплей.

Планируется, что в развитие этого направления в последующих исследованиях технологической поврежденности железобетонных строительных конструкций будут применены эти приборы, и полученные результаты исследований найдут свое отражение в следующих публикациях.

### ***Выводы***

1. На сегодняшний день существует небольшое количество приборов для ультразвуковой диагностики, которые позволяют с высокой точностью определить технологические дефекты в ж/б конструкциях.

2. Сравнительный анализ отечественного и зарубежного оборудования показал, что более компактными и удобными в использовании являются зарубежные приборы, которые обладают функциями автоматического обнаружения дефектов, но при этом отличаются гораздо большей стойкостью.

3. Технологические и усталостные трещины являются основными факторами в значительной степени влияющие на целостность конструкций.

### **Summary**

**The article describes the method of determination of the technological defects of the reinforced concrete building structures, which is based on the use of the method of non-destructive testing. The most frequently used devices in construction practice, based on the method of the acoustic diffraction, were analyzed in the article.**

1. Дорофеев В.С., Выровой В.Н. Технологическая поврежденность строительных материалов и конструкций. О.: Город Мастеров, 1998 – 168с. 2. ГОСТ 18353. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов. 3. Выровой В.Н. Способ выявления трещин в бетонных и железобетонных конструкциях на неорганическом вяжущем / В.Н. Выровой, В.С. Дорофеев, С.С. Макарова, С.А. Абакумов / Полож. реш. №5008907/33 (059304) от 03.07.91. 4Б.