

- Государственный комитет Украины по делам архитектуры, строительства и охраны исторической среды, 1993. - 47 с.
2. Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд. – Київ: Держбуд України, 1999. – 152 с.
 3. Голоднов А.И., Пронько А.М., Голоднова В.П. Опыт обследования строительных конструкций жилых зданий послевоенной застройки // Строительные конструкции: Межведомственный научно-технический сборник. – Выпуск 53. - Т.2. – Киев: НИИСК, 2000. – С. 62-66.
 4. Голоднов А.И. Особенности усиления строительных конструкций бескаркасных жилых домов послевоенной застройки // Строительство и техногенная безопасность: Сборник научных трудов. – Симферополь: КАПКС, 2002. – Вып. 6. – С. 86-88.
 5. Голоднов А.И. Использование термических воздействий при усилении строительных конструкций металлическими элементами // Будівельні конструкції: Міжвідомчий науково-технічний збірник / НДІБК. – Київ: НДІБК, 2003. – Вип. 58. – С. 14 - 20.
 6. Голоднов А.И. Повышение устойчивости эксплуатируемых колонн за счет оптимизации полей остаточных напряжений // Захист від корозії і моніторинг залишк. ресурсу промисл. будівель, споруд та інж. мереж: Матер. міжнар. конф. – Донецьк: УАМК, 2003. – С. 325 – 330.
 7. А.с. 1523647 СССР, МКИ E04 C 3/10, E04 G 23/02. Способ усиления металлических колонн двугаврового сечения / И.И. Набоков, А.И. Голоднов, А.И. Филатов, В.П. Голоднова (СССР), Опубл. 23.11.89, Бюл. № 43. – 2 с.
 8. Голоднов А.И. Строительная механика стержней и пластин, имеющих поля остаточных напряжений. – Алчевск: ДГМИ, 1997. – 112 с.

УДК 624

КОМПЛЕКС ПРИБОРОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ

*Г.А. Губайдуллин, к.т.н., В.В. Крамар
НПП «ИНТЕРПРИБОР», Челябинск, Россия*

В современной техногенной обстановке значимость неразрушающего контроля трудно переоценить. Это касается всех отраслей промышленности и, в значительной мере, строительной индустрии, особенно в части обеспечения качества выпускаемой продукции, безопасности эксплуатации промышленных и гражданских объектов.

Одной из основных задач неразрушающего контроля (далее - НК) является определение прочности и обнаружение дефектов в конструкциях из бетона и других материалов при технологическом контроле, обследовании зданий и сооружений.

Надежность результатов НК во многом зависит от применяемой приборной базы, использования взаимодополняющих методов контроля, учета

ряда сопутствующих факторов, а также от оснащенности и квалификации специалистов, осуществляющих контроль. Например, при контроле железобетонных конструкций необходимо для оценки их несущей способности учитывать такие факторы, как возраст и влажность бетона, карбонизацию, состав бетона, наличие и расположение арматуры, ...

Ряд вопросов комплексного контроля качества может быть разрешен только посредством мониторинга строящихся и эксплуатируемых объектов, для чего необходимо иметь многопараметрические информационно-регистрационные системы, контролирующие развитие деформаций, напряжений и условий эксплуатации.

Основными методами НК прочности и дефектоскопии бетона, и других материалов, регламентированными ГОСТами (например, [1,2]) являются ударно-импульсный, ультразвуковой, отрыв со скалыванием, пенетрационный. Значительной информативностью обладают виброакустические методы оценки состояния конструкций и изделий, и обнаружения структурных дефектов.

Для эффективного решения указанных задач НК научно-производственным предприятием «ИНТЕРПРИБОР» создан комплекс малогабаритных приборов, включающий:

- многоканальный многопараметрический регистратор «ТЕРЕМ-4»
- двухпараметрические и ударно-импульсные измерители прочности материалов «ОНИКС-2.5» и «ОНИКС-2.6»
- ультразвуковой универсальный прибор «ПУЛЬСАР-1.1» и ультразвуковой дефектоскоп «ПУЛЬСАР-1.2»
- измеритель прочности бетона отрывом со скалыванием «ОНИКС-ОС»
- прибор для определения адгезии покрытий «ОНИКС-АП»
- измеритель морозостойкости бетона «Бетон-Frost»
- измеритель параметров армирования «ТРОИСК-2.5»
- виброанализаторы: одноканальный «ВИБРАН-2.0» и четырехканальный «ВИБРАН-3.0»
- измеритель частот собственных колебаний «ИЧСК-1.0»
- виброметр «ВИСТ-2.4»
- измеритель напряжений в арматуре «ИНК-2.5»
- прибор диагностики свай «Спектр-1»
- измерители теплозащитных свойств материалов и конструкций:
 - мобильный и стационарный измерители теплопроводности «МИТ-1» и «ИТС-1»
 - многоканальный регистратор «ТЕПЛОГРАФ»
- влагомеры различного назначения серии «ВИМС-2.2»
- плотномер асфальтобетона «ПАБ-1.0»
- термометры, гигрометры, анемометры (раздельные и совмещенные, с функцией регистрации)
- средства программной поддержки

Приборы сертифицированы Госстандартом России, максимально унифицированы: выполнены в малогабаритных корпусах единого конструктива, оснащены однотипной клавиатурой, имеют идентичную систему меню.

В комплексе реализованы технических решения, обеспечивающие потребителю максимум удобств в эксплуатации. Это легкие и удобные датчики, элементы автоматической адаптации, комбинированное представление информации на графическом дисплее с подсветкой, автоматическая регистрация результатов и условий измерений в реальном времени, инфракрасный или USB интерфейс, программы компьютерного анализа, минимизированные масса, габариты и энергопотребление, аккумуляторное питание с автоматическим контролем процессов разряда и заряда, и др. В приборах заложена развивающаяся структура, позволяющая периодически обновлять их программное обеспечение, а также ориентировать алгоритмы и содержимое меню под задачи пользователя. Далее кратко рассмотрим наиболее распространённые приборы.

Универсальный многоканальный регистратор "ТЕРЕМ-4" разработан для регистрации и отображения во времени информации, поступающей от датчиков различного вида: датчиков перемещений и деформаций, напряжений, вибрации, температуры и теплового потока, влажности, давления и т.д. Прибор успешно применяется для мониторинга сложных технических объектов, зданий, мостов, сооружений (в частности, для контроля за состоянием трещин, изменением теплозащитных свойств конструкций, развитием деформаций), а также для контроля технологических процессов. Состоит из центрального блока и адаптеров, объединенных в единую сеть общей четырехпроводной линией связи. Каждый адаптер обслуживает от 2 до 32 датчиков любых видов, позволяя производить сбор необходимой информации с локальных участков объекта. Максимальная длина линий связи – 200 метров.



Рис.1. Измерительный комплекс Терем - 4

"ТЕРЕМ-4" (Рис. 1) выпускается в любых модификациях комплектуется по заданию заказчика адаптерами с общим количеством каналов измерения до 256, позволяет фиксировать во времени до 250 тысяч отсчетов с произвольно

задаваемым периодом регистрации. Прибор имеет минимальные массогабаритные параметры, мобилен и прост в эксплуатации. Информация может просматриваться, как на дисплее, так и на мониторе компьютера.

Прибор "ОНИКС-2.5" (Рис. 2) в отличие от аналогов определяет прочность бетона одновременно *по ударному импульсу и упругому отскоку*, что позволяет существенно повысить достоверность результатов. Сигналы датчика-склерометра подвергаются интеллектуальной и статистической обработке с автоматическим вычислением прочности. В приборе заложены базовые характеристики, которые могут легко корректироваться пользователем индивидуально для 24 видов материалов. Диапазон прочности от 0,5 до 100 МПа обеспечивают возможность контроля широкого спектра материалов. Конструкция и малый вес датчика (160 гр) дают возможность пользователю выполнять работы *с высокой интенсивностью одной рукой*. Установка датчика в точку контроля может производиться одновременно со взводом ударника с достаточной точностью, позволяя максимально исключить ложные результаты и контролировать объекты с малой площадью доступной поверхности, например, растворные швы. Комфортная работа при низких температурах обеспечена исполнением корпуса датчика из "теплого" материала.

Приоритетная область использования прибора "ОНИКС-2.5" - сплошной оперативный контроль железобетонных изделий, конструкций и сооружений по прочности и однородности, связанный с получением больших массивов информации. Прибор также применим при контроле ячеистых блоков, кирпича, штукатурки, изделий из композиционных материалов.

Освоен выпуск нового многопараметрического измерителя прочности "ОНИКС-2.6", позволяющего наиболее полно учитывать особенности контролируемых материалов, осуществлять многопараметрический анализ, выполнять функции дефектоскопа.



Рис.2. Оникс – 2.5

Измеритель прочности строительных материалов "ОНИКС-2.6":

- **Определение прочности** на сжатие тяжелых и легких бетонов неразрушающим ударно-импульсным методом (по ГОСТ 22690-88 и

ГОСТ 18105-86) при технологическом контроле качества, обследовании зданий, сооружений и конструкций,...

- **Исследование свойств** материалов и дефектоскопия изделий по параметрам и спектру сигнала реакции объекта на ударное воздействие.

Приборы применимы также для определения однородности, плотности, твердости и пластичности различных материалов (кирпич, штукатурка, стяжка, раствор, композиционные материалы и т.д.)

В приборах реализован **двухпараметрический метод** измерения (ударный импульс + отскок), повышающий достоверность результатов, имеется режим записи, просмотра и **анализа сигналов** реакции объектов на ударное воздействие с возможностью дополнительной компьютерной обработки. В приборе заложены 60 базовых градуировочных зависимостей для бетонов различных составов (по виду заполнителя, цемента,...) и условий твердения.

Предусмотрены: **ввод градуировочных зависимостей пользователя**, учет возраста и карбонизации бетона, задание с помощью компьютера собственных названий материалов.

Обеспечена возможность периодического обновления управляющей программы прибора.

Условия эксплуатации: температура окружающей среды от -10 до +40°C, максимальная влажность 90% и ниже при 25°C, без конденсации влаги.

МОДИФИКАЦИИ

- Оникс-2.6.1 – двухпараметрический измеритель прочности без визуализации сигналов
- Оникс-2.6.2 – прибор для исследовательских целей: двухпараметрическое измерение прочности, визуализация и анализ сигналов реакции объекта на ударное воздействие с получением амплитудных, временных и интегральных параметров
- Оникс-2.6.3 – измеритель плотности материалов

Во всех версиях приборов регистрируются результаты и условия выполнения измерений: значение прочности объекта по ударному импульсу и отскоку, коэффициент вариации и размах серии результатов, вид объекта контроля, вид материала и его компонентов, возраст бетона, градуировочные и поправочные коэффициенты, номера серий измерений, дата и время выполнения измерений.

Ультразвуковые приборы "ПУЛЬСАР-1.1" и "ПУЛЬСАР-1.2" измеряют время и скорость распространения ультразвуковых колебаний (УЗК), вычисляют прочность, плотность и модуль упругости для 20 видов материалов. Преобразование скорости УЗК в физические параметры осуществляется индивидуально по каждому виду материала посредством зависимости, коэффициенты которой при необходимости могут легко корректироваться пользователем. Предусмотрены статистическая обработка серий измерений, вычисление коэффициента вариации и полная архивация

результатов. Имеются элементы дефектоскопии: визуализация сигналов на экране осциллографа, "русский" и "английский" варианты определения глубины трещин.

Конструкция датчиков обеспечивает работу на произвольной и фиксированной базе с сухим контактом при поверхностном и сквозном прозвучивании. За счет повышения напряжения возбуждения УЗК до 600 В и использования современной элементной базы получена высокая стабильность результатов при сквозном прозвучивании на больших базах измерения.

В дефектоскопе **"ПУЛЬСАР-1.2"** дополнительно заложены функции полноценной визуализации и обработки принимаемых сигналов, АРУ, режим осциллографа.

Применение данных приборов наиболее эффективно в ответственных случаях для выявления, оценки и локализации дефектов структуры, определения неоднородности по прочности, глубины трещин. Прибор **"ПУЛЬСАР-1.1"** зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений под № 24693-03.

Прибор "ОНИКС-ОС" (Рис.3) предназначен для определения прочности бетона методом отрыва со скалыванием и применяется в особо ответственных случаях при обследовании железобетонных конструкций и сооружений, а также для **корректировки** калибровочных коэффициентов приборов **"ОНИКС-2.5"** и **"ПУЛЬСАР-1.1/1.2"**.

Выполнен в виде микропроцессорного устройства и портативного гидравлического пресса с пространственной самоустановкой оси вырыва. В отличие от аналогов в приборе **исключено проскальзывание анкера**, что позволило значительно улучшить метрологические и эксплуатационные характеристики. Электроника обеспечивает полный контроль процессов нагружения и измерения в реальном времени: индикацию скорости нагружения, фиксацию момента отрыва фрагмента, вычисление прочности бетона и регистрацию результатов. Предусмотрена ориентация измерений по виду и возрасту бетона, условиям твердения, влажности и типоразмеру анкера. Предельное усилие вырыва составляет 50 кН, диапазон по прочности - 5...100 МПа, масса - 3,7 кг.



Рис.3. Оникс - ОС

Полученные параметры и свойства прибора в совокупности обеспечивают надёжность результатов и максимум удобств при эксплуатации, в частности, мобильность и быструю установку на объект контроля, отсутствие бракованных вырывов.

Прибор внесён в Государственный реестр средств измерений под №26356-04.

Измеритель защитного слоя бетона "ПОИСК-2.5" базируется на магнитном методе [3] и реализует следующие функции:

- определение проекций стержней на поверхность бетона;
- измерение толщины защитного слоя (0...170 мм) и определение неизвестного диаметра арматуры (3...50 мм);
- сканирование объектов с запоминанием результатов;
- объектная ориентация по видам арматуры и маркам сталей;
- автоматизированная настройка на марки сталей, компенсация влияния параллельных стержней.

Расположение арматурных стержней определяют сканированием поверхности железобетонной конструкции с визуальным контролем по графическому дисплею и по тональному звуковому сигналу.

Поскольку арматура, находящаяся в зоне испытаний, влияет на результаты практически при всех видах НК прочности бетона, для получения надежных данных необходимо предварительно определять положение арматурных стержней и выбирать контрольные участки, свободные от арматуры.

Универсальный влагомер "ВИМС-2.2" реализует диэлькометрический метод измерения [4] и предназначен для оперативного контроля влажности широкой номенклатуры строительных материалов. Прибор индицирует влажность, вид контролируемого материала, номер, дату и время измерения. Имеет четыре типа датчиков:

- планарный – для контроля влажности поверхностных слоев;
- объемный – для сыпучих материалов;
- встроенный в корпус прибора;
- зондовый – для контроля влажности в глубине сыпучих и твердых материалов.

Прибор имеет объектную ориентацию на 28 видов материалов и 12 свободно программируемых компьютером названий материалов. Каждый материал имеет свою область калибровочных коэффициентов, которые могут корректироваться потребителем. Существенно снижена погрешность измерений от потерь проводимости, вызванных наличием в контролируемых материалах растворимых солей.

В рамках рассматриваемого комплекса приборов влагомер необходим для корректировки результатов ультразвуковых и ударно-импульсных испытаний по влажности бетона на поверхности и в массиве, при этом влажность определяется с поверхности планарным датчиком и зондом – в пробуренных скважинах на определенной глубине массива.

Имеется также ряд специализированных влагомеров для контроля влажности древесины, абразивов, шифера, тканей, кожи, утеплителя.

Виброанализаторы "ВИБРАН-2.0/3.0" - предназначены для вибродиагностики конструкций, оснований, фундаментов, в частности, для анализа реакции конструкций на ударное воздействие. Позволяет выполнять анализ вибраций по одной пространственной координате и по четырём - ВИБРАН-3.0, а также:

- осуществлять запись вибраций в диапазоне частот 0,5...100 и 5...1000 Гц, получать 200 линий спектра и 7 гармоник разложения в ряд Фурье;
- производить запись процессов в заданных временных рамках (от 0,1 до 50 с) с автоматическим запуском по заданному пороговому уровню колебаний;
- просматривать сигналы и спектры на дисплее;
- выполнять усреднение спектров, оконные функции и автоматическое масштабирование;
- сохранять до 200 результатов и выборок колебательных процессов;
- пересылать данные в ПК по USB интерфейсу с последующим выполнением октавного, 1/3 октавного анализа и вычислением 2000 линий спектра.

Одноканальная сейсмостанция "Спектр-1.0" - предназначен для локализации дефектов и определения длины сваи, а также получения сеймоспектрального профиля. Может использоваться в качестве одноканальной сейсмостанции.

СПЕКТР-1.0 позволяет проанализировать реакцию объекта исследования на ударное воздействие во временной и спектральной области. Сейсмоволна возбуждается с помощью молотка и воспринимается чувствительным виброизмерителем.

Благодаря сеймоспектральному методу и специальным методикам обработки информации можно определить длину металлических и железобетонных свай (как отдельных, так и в составе ростверка), построить сеймоспектральный профиль.

Прибор позволяет:

- производить запись виброколебаний с автоматическим запуском от сигнала по заданному пороговому уровню и получать разложение по 1000 линиям спектра;
- просматривать на дисплее форму сигналов и их спектр; выполнять анализ временных характеристик сигналов (режим осциллографа);
- сохранять до 225 записей виброколебаний и их спектральный состав;
- производить пересылку и дополнительную компьютерную обработку записанных реализаций процессов виброколебаний со спектральным разрешением 8 или 16 тысяч линий спектра.

В настоящее время ведётся разработка двухканального прибора СПЕКТР-2.0, который в отличие от СПЕКТР-1.0 будет дополнительно иметь режимы определения относительной несущей способности свай и неоднородностей исследуемого объекта (трещиноватости, обводнённости грунтов и т.п.).

Комплекс ускоренного определения морозостойкости бетона “Бетон-Frost” - измерительный комплекс **БЕТОН-FROST** предназначен для ускоренного определения морозостойкости бетона по величине аномальных пиков объемных деформаций в соответствии с ГОСТ 10060.3-95. Прибор позволяет проводить оперативный контроль качества выпускаемой продукции и дает возможность внесения корректив в рецептуры и технологические процессы изготовления бетона.

В основу работы измерителя **БЕТОН-FROST** положен дифференциальный метод измерения температурных объемных деформаций исследуемого образца и эталона, которые посредством рабочей жидкости (керосина) преобразуются в линейные перемещения. Эталонном сравнения служит алюминиевый кубик размерами 100×100×100 мм. Конструктивные особенности измерительной камеры позволяют проводить испытания на кернах диаметром и высотой 70 мм.

Отличительной особенностью **БЕТОН-FROST** является использование, впервые, адаптивной математической модели эталонной измерительной камеры, позволяющей заменить эталонную камеру рабочей и повысить точность измерений. Поставляемый в комплекте алюминиевый кубик позволяет заказчику самостоятельно настроить эталонную модель на рабочей камере под своё холодильное оборудование.

Измеритель морозостойкости **БЕТОН-FROST** состоит из электронного блока и 1÷3 измерительных блоков (камер). Электронный блок в ходе испытания регистрирует процессы (сигналы), поступающие с датчиков объемных деформаций и температуры, вычисляет величину аномальных пиков и оценивает морозостойкость исследуемого бетонного образца. По окончании испытания всю информацию можно передать на компьютер для более детальной обработки и формирования отчета по испытанию с использованием поставляемой в комплекте программы.

Центральное устройство-регистратор измерительного комплекса предназначено для работы при температуре окружающей среды от -10 до +50°C, максимальной влажности 80% при 35°C и ниже без конденсации влаги и атмосферном давлении 86...106кПа.

Плотномер асфальта “ПАБ-1.0” - предназначен для оперативного неразрушающего контроля плотности и однородности уплотнения асфальтобетонных покрытий и оснований.

Прибор позволяет:

- Оценивать плотность и степень уплотнения дорожных покрытий
- Устанавливать более эффективные траектории укатки асфальта
- Оперативно выявлять недоуплотненные участки и контролировать критические зоны (стыки, кромки, траектории колес)

- Оценивать качество дорог перед нанесением покрытий

Принцип действия прибора основан на определении параметров электромагнитного поля в среде асфальтобетона и их преобразовании в значение плотности. При работе с прибором не требуется специального контроля безопасности, как при радиационном методе контроля.

Особенности прибора:

- Легкая адаптация под конкретный состав асфальтобетона введением калибровочных коэффициентов
- Возможность ввода градуировочных зависимостей для 12 видов асфальтобетона
- Отображение результатов на графическом дисплее с подсветкой
- Вычисление коэффициента уплотнения
- Память 500 результатов и условий измерений в реальном времени (с фиксацией времени и даты)
- Связь с ПК по ИК - интерфейсу
- Сервисная компьютерная программа, позволяющая производить архивацию, дополнительную обработку информации и документирование результатов измерений

Средства программной поддержки включают в свой состав: устройства связи с компьютером, программы считывания и компьютерной обработки результатов, хранящихся в памяти приборов. Каждый из рассмотренных приборов имеет свою индивидуальную программу, позволяющую считывать информацию, просматривать в табличной и графической формах, сопровождать комментариями, корректировать, распечатывать, экспортировать в EXCEL, производить дополнительную математическую обработку информации. Имеется также программа для объектной ориентации приборов.

Приборы комплекса получили широкое распространение в России и за рубежом, в течение многих лет успешно эксплуатируются рядом предприятий и организаций.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 22690-88 / Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля. – М.: Стандарты, 1988 г.
2. ГОСТ 17624-87 / Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности. М.: Стандарты, 1987 г.
3. ГОСТ 22904-78 / Конструкции железобетонные. Магнитный метод определения толщины защитного слоя бетона и расположения арматуры. М.: Стандарты, 1978 г.
4. ГОСТ 21718-84 / Материалы строительные. Дизелькометрический метод измерения влажности. М.: Стандарты, 1984 г.