



В НОМЕРЕ

**ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ**

- 2 **Б.Ф. Безродный, Д.В. Смирнов, С.А. Майоров, О.Н. Андрух.** Определение границ допустимого изменения параметров для селекции импортозамещающих электронных компонентов
- 7 **С.А. Лычагов, С.В. Антонов.** Управление возбуждением синхронного генератора пульсирующим током
- 9 **С.А. Савочкин.** Оптимизация работы предпускового подогревателя переменной мощности

РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

- 14 **К.В. Карпочкин, М.И. Пятов.** Синхронизация гибридной локальной сети на основе микросхемы AD9548
- 17 **К.Ю. Цветков, А.А. Ковальский, В.Ю. Пальгунов.** Прогнозирование остаточного ресурса антенных систем наземных станций измерительных комплексов
- 26 **Д.Р. Уткин.** Модель прогнозирования интенсивности поступления пользовательской нагрузки на мобильный комплекс военной сети спутниковой связи
- 33 **В.А. Цимбал, Р.Н. Хрусталёв, В.Е. Тоискин, К.И. Гвозд, Е.А. Ярёмченко.** Задача обоснования канальной емкости направлений системы радиосвязи с незакрепленными каналами в условиях их поражения и восстановления и ее решение

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

- 38 **А.К. Никитин, Н.С. Кукин.** Алгоритм блочного выделения морфологических признаков на монохромных изображениях
- 41 **А.В. Лучин, Е.А. Строганов, С.В. Степанов.** Векторное управление параллельной работой дизель-электрических агрегатов систем автономного электроснабжения
- 43 **А.В. Рыбаков, В.И. Мухин, Р.Р. Вильданов.** О методике расчета пространственного распределения энергии осколков вследствие возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера
- 50 **Г.Г. Волков, Н.С. Кукин, А.Р. Мурадова, И.О. Глотова.** Тернарная групповая алгебра. Комплексный анализ в Эвклидовом пространстве
- 57 **И.В. Грудинин, С.В. Суровикин.** Управление ресурсами информационно-управляющей подсистемы АСУ огнем в интересах обеспечения ее живучести
- 63 **А.Г. Букин, Г.А. Гордеев.** Метод нечеткой идентификации критических элементов автоматизированных систем на основе физически неклонируемых функций

ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ

- 70 **В.И. Мухин, Д.Г. Воронов, Е.В. Собакина.** Развитие теоретических основ принятия решений по управлению инновационной деятельностью на основе когнитивного подхода

ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

- 75 **А.Г. Попов, А.А. Масликов, В.М. Дунилин, Е.В. Бородай, Д.Н. Печерский, А.С. Шулаков.** Аппаратный комплекс для вибрационной и акустической диагностики конструкций

ТЕХНИКА СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

- 78 **С.В. Мартынов, Б.Г. Ерёмин, В.В. Никитенко, А.В. Сытова, А.С. Бутранов.** Средства инженерно-технической защиты объектов от поражения стрелковым оружием

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

- 84 **И.А. Бугаков, А.Н. Царьков.** Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: система формальных признаков
- 96 **И.А. Обыкновенный.** Сравнительный анализ профессионального стандарта «Преподаватель высшего образования» и компетентностных моделей педагогов

НАУЧНЫЕ ОБЗОРЫ • НАУЧНЫЕ РЕЦЕНЗИИ • ОТЗЫВЫ

- 99 **С.Н. Шиманов, В.А. Прасолов.** Цифровая обработка сигналов и программно-определяемые средства радиосвязи в Институте инженерной физики
- 100 **В.П. Горковенко.** Практика применения охранных извещателей серии «TRAVERS»

Научно-технический журнал

**ИЗВЕСТИЯ
Института инженерной физики**
№3(41)2016

Издается с апреля 2006 г. Выходит ежеквартально

Решением Президиума ВАК включен в
«Перечень ведущих рецензируемых
научных журналов и изданий»

Главный редактор, председатель
редакционного совета
и редакционной коллегии

Алексей Николаевич Царьков

Президент – Председатель Правления МОУ «ИИФ»,
заслуженный деятель науки РФ,
доктор технических наук, профессор

Редакционный совет

Геннадий Иванович Азаров

заместитель генерального директора – директор
Департамента телекоммуникационных систем
ФГУП «ЦНИИ ЭИСУ»,

заслуженный деятель науки РФ, заслуженный
изобретатель РФ, лауреат Государственной
премии РФ, лауреат премии Правительства РФ,
доктор технических наук, профессор

Сергей Владимирович Дворянкин

начальник департамента Государственной
корпорации «РОСТЕХ» ОАО КРЭТ,
доктор технических наук, профессор

Анатолий Анатольевич Донченко

заместитель начальника Главного научно-
исследовательского испытательного центра
робототехники по научно-исследовательской и
испытательной работе Министерства обороны РФ,
доктор технических наук, профессор

Николай Михайлович Емелин

заместитель директора ФГБНУ «Госметодцентр»
по научной работе,
заслуженный деятель науки и техники РСФСР,
доктор технических наук, профессор

Валерий Иванович Николаев

научный референт ОАО «Концерн “Созвездие”»,
доктор технических наук, профессор

Владимир Георгиевич Редько

заместитель руководителя Центра
оптико-нейронных технологий НИИ
системных исследований РАН,
доктор физико-математических наук

Юрий Александрович Романенко

заместитель главы администрации города
Протвино, заслуженный деятель науки РФ,
доктор технических наук, профессор

Анатолий Васильевич Тодосийчук

заместитель руководителя аппарата Комитета
Государственной Думы по науке
и наукоемким технологиям,
почетный работник науки и техники РФ,
доктор экономических наук, профессор

Игорь Анатольевич Шеремет

заместитель директора Российского фонда
фундаментальных исследований по науке,
доктор технических наук, профессор

ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

УДК 620.179.18

АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ВИБРАЦИОННОЙ И АКУСТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ КОНСТРУКЦИЙ

HARDWARE FOR VIBRATION AND ACOUSTIC DIAGNOSTICS OF STRUCTURES

Алексей Геннадьевич Попов

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник

начальник управления прочностных
исследований и технической диагностики
МОУ «ИИФ»

Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов,
Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967)12-80-04

Виктор Михайлович Дунилин

старший научный сотрудник
управления прочностных исследований
и контроля состояния конструкций
МОУ «ИИФ»

Адрес: 142210, Московская обл. г. Серпухов,
Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967)12-80-04

Денис Николаевич Печерский

специалист II уровня лаборатории
неразрушающего контроля
МОУ «ИИФ»

Адрес: 142210, Московская обл. г. Серпухов,
Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967)12-80-04
E-mail: upitd@iifmail.ru

Александр Альбертович Масликов

кандидат физико-математических наук

старший научный сотрудник управления
прочностных исследований и технической
диагностики
МОУ «ИИФ»

Адрес: 142210, Московская обл. г. Серпухов,
Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967)12-80-04 E-mail: upitd@iifmail.ru

Евгений Владимирович Бородай

инженер-испытатель
испытательной лаборатории
МОУ «ИИФ»

Адрес: 142210, Московская обл. г. Серпухов,
Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967)12-80-04

Александр Сергеевич Шулаков

специалист II уровня лаборатории
неразрушающего контроля
МОУ «ИИФ»

Адрес: 142210, Московская обл. г. Серпухов,
Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967)12-80-04
E-mail: upitd@iifmail.ru

Аннотация

В статье рассмотрены вопросы технической реализации акустико-диагностической системы для определения прочности бетонных и железобетонных конструкций объектов повышенной опасности с применением неразрушающего метода контроля.

Ключевые слова: акустико-диагностическая система, волновой процесс, прочность, бетон, конструкция, обработка.

Summary

In the article the questions of technical realization of acoustic diagnostic system to determine the strength of concrete and reinforced concrete structures of high-risk with the use of nondestructive method of control.

Keywords: acoustics system, wave pattern, strength, concrete, design, processing.

Разработанный в МОУ «Институт инженерной физики» аппаратный комплекс предназначен для проведения измерений и регистрации параметров колебаний машин, зданий и сооружений при вибрационном и акустическом диагностическом контроле конструкций.

В настоящей статье дано описание возможностей применения аппаратного комплекса и его программного обеспечения для определения прочностных характеристик материалов, в частности прочности конструкций из бетона и железобетона.

ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Для оценки состояния и определения прочности бетона строительных конструкций применяется метод, основанный на использовании акустических поверхностных волн. Метод заключается в измерении колебаний поверхности конструкции, вызванных ударным импульсным воздействием, направленным перпендикулярно поверхности конструкции, построении дисперсионных кривых поверхностных волн и определении по ним акустических характеристик бетона, в том числе их изменения по глубине. Измерения могут проводиться как непосредственно на поверхности бетона, так и через защитное покрытие, например металлоизоляцию.

Определение прочности бетона в конструкциях выполняется путем программной обработки фазочастотным методом информации полученной с пьезоэлектрических преобразователей после возбуждения волнового процесса в материале конструкции [1].

Блок-схема акустико-диагностической системы приведена на *рисунке 1*. Аппаратная часть акустико-диагностической системы содержит:

- вибропреобразователи AP2099-100;
- антивибрационный кабель АВКТ-4;
- усилители заряда и напряжения AP5030-4;
- аналого-цифровой преобразователь осциллограф АКИП – 74824;
- персональный компьютер (ПК);
- ударник.

Измерительная часть акустико-диагностической системы блочного исполнения смонтирована в противоударном кейсе, обеспечивающем её работоспособность при длительной транспортировке и применении в полевых условиях. На фотографии *рисунка 2* показано конструктивное исполнение акустико-диагностической системы и приведены характеристики основных блоков.

При проведении обследования в качестве ударников ис-

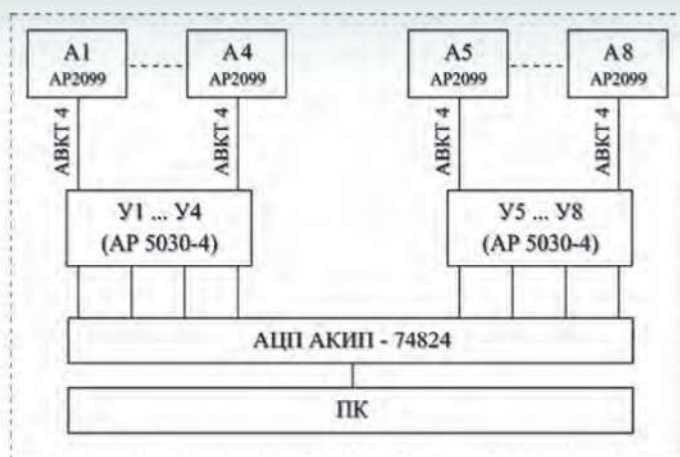


Рис. 1. Блок-схема акустико-диагностической системы



Вибропреобразователь AP2099-100

Осевая чувствительность.....100 мВ/г*1
Амплитудный диапазон.....± 50 г*1
Максимальный удар (пиковое значение).....± 2500 г*1



Осциллограф АКИП-74824

Осциллограф.....8 каналов
Полоса пропускания.....20 МГц
Разрешение АЦП.....12 бит
Макс. частота дискретизации (для однократного сигнала при использовании 1-4 каналов).....80 МГц
Максимальный объем памяти.....256 МБ



Усилитель заряда и напряжения AP5030-4

Диапазон входного напряжения± 5 В
Диапазон входного заряда.....5x10⁴ нКл
Среднеквадратическое значение шума (приведенное ко входу).....< 5 мкВ
Частотный диапазон0,2 ... 120000 Гц
Коэффициент усиления по напряжению.....1, 2, 5, 10, 50, 100
Коэффициент преобразования по заряду.....0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 50; 100 мВ/нКл
Встроенные фильтры верхних и нижних частот.....200
Напряжение питания+ (5 ± 0,5) В
Габариты, мм.....236x157x75
Масса.....1800 г



Рис. 2. Акустико-диагностический комплекс и технические характеристики его основных блоков



Рис. 3. Конструкции ударников

пользуются молотки типа Slide Sledge LG35050 или полиуретановый молоток, рисунок 3. Изменение длительности ударного импульса обеспечивается применением сменных насадок – бойков разной массы и прокладок между ударным элементом и поверхностью конструкции.

При проведении измерений вибропреобразователи устанавливаются по прямой линии с шагом примерно равным половине толщины конструкции.

Первый вибропреобразователь устанавливается в непосредственной близости к точке удара для фиксации импульса инициирующего волнового процесс. Перед проведением измерений виброакустических колебаний выполняются операции калибровки и настройки, предусмотренные в инструкциях по эксплуатации на применяемые средства измерения и вспомогательные устройства.

После калибровки и настройки акустико-диагностическая система переводится в ждущий режим с запуском по превышению заданного уровня ускорения на вспомогательном вибропреобразователе, закрепленном непосредственно у места нанесения удара.

Зарегистрированные по каждому из измерительных каналов сигналы запоминаются в цифровом виде и отображаются на экране ПК.

При перегрузке по любому из измерительных каналов измерения на экран ПК выдается сообщение. Технические характеристики применяемых регистрирующих средств обеспечивают высококачественное получение и фиксацию параметров волнового процесса для последую-

щей обработки по определению акустических характеристик бетона.

Тестирование разработанной акустико-диагностической системы производилось измерениями на бетонной плите размером 3×15 м и толщиной 0,3 м, выполненной из монолитного бетона. Заявленная прочность бетона соответствовала марке М400. Расстояние между датчиками составляло 0,25 м, а расстояние от источника импульсного воздействия до ближайшего датчика 0,75 м. На графиках *рисунка 4* приведены рассчитанные по формулам работы [2] дисперсионные зависимости фазовых скоростей поперечных волн V в плите от длины волны для прочностей бетона соответствующих маркам М300, М400, М500, а так же дисперсионная кривая, построенная по измеренным в эксперименте параметрам волнового процесса.

Из приведенных графиков следует, что измеренная прочность соответствует заявленной прочности бетона марки М400.

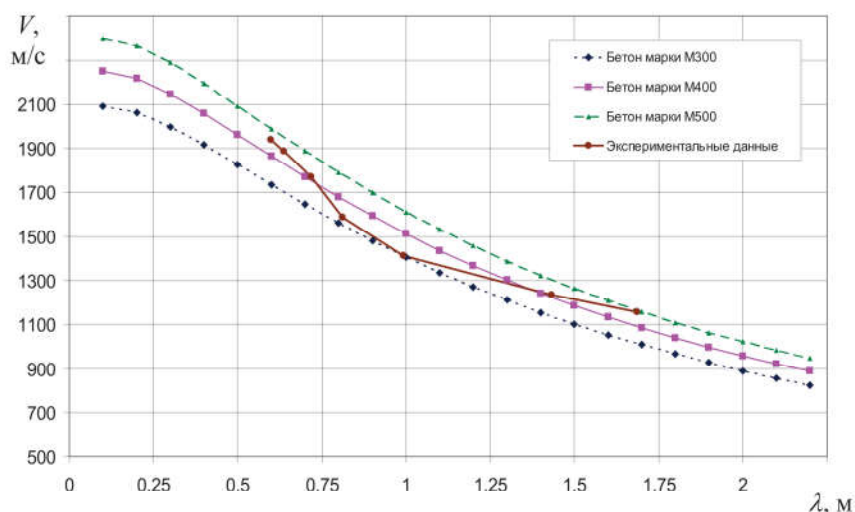


Рис. 4. Расчетные дисперсионные зависимости фазовых скоростей поперечных волн V от длины волны для прочностей бетона, соответствующих маркам М300, М400, М500, и дисперсионная зависимость, построенная по измеренным в эксперименте параметрам волнового процесса

Литература

1. Попов А.Г., Дунилин В.М., Пономарева А.С., Авиллов М.Ю., Спорыхин Н.Д., Бородай Е.В. О применении фазового метода обработки измерительной информации при исследовании прочности конструкций из бетона // Известия Института инженерной физики, 2016. №2(40), С. 92-95.
2. Горшков А.Г. и др. Волны в сплошных средах. М.: Физматлит, 2004. 472 с.