

КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ, МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ

A.V. Palagin, M.V. Semotjuk,
E.N. Chichirin, K.P. Sosnenko

ACOUSTIC COMMANDER – INTEGRATED OPERATIONAL ENVIRONMENT FOR MEASUREMENT AND CALCULATING ACOUSTIC PARAMETERS

The architecture of operational environment for management of acoustic measurements and processing experimental data is examined within the framework of uniform information interfaces with databases, subsystems of measurements, processing and visualization of the data.

Розглядається архітектура операційного середовища для керування акустичними вимірюваннями та обробкою експериментальних даних в рамках єдиного інформаційного інтерфейсу з базами даних, підсистемами вимірювань, обробки і візуалізації даних.

Рассматривается архитектура операционной среды для управления акустическими измерениями и обработкой экспериментальных данных в рамках единого информационного интерфейса с базами данных, подсистемами измерений, обработки и визуализации данных.

© А.В. Палагин, М.В. Семотюк,
Е.Н. Чичирин., Е.П. Сосненко,
2009

УДК 681.3(031)

А.В. ПАЛАГИН, М.В. СЕМОТЮК,
Е.Н. ЧИЧИРИН, Е.П. СОСНЕНКО

ACOUSTIC COMMANDER – ИНТЕГРИРОВАННАЯ ОПЕРАЦИОННАЯ СРЕДА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ И РАСЧЕТА АКУСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Введение. Снижение уровня шумов техногенного происхождения, а также обеспечение необходимых пространственных акустических характеристик современных аудио-и медиа-проектов связано с разработкой новых звукопоглощающих материалов.

Вопросам расчета и определения зависимости акустических и физических характеристик звукопоглощающих материалов посвящены специальные теоретические исследования. В силу эмпирического в значительной степени характера получаемых решений (особенно для новых композитных материалов) окончательная оценка значений акустических параметров требует проведения прямых измерительных экспериментов (ИЭ) с образцами исследуемых материалов в широком диапазоне давлений P и температур T окружающей среды, а также частот F распространения в ней звуковых волн. При этом измерениям подлежат комплексные значения R коэффициента отражения (КО) материала образца, скорость V распространения звуковой волны в среде, а также ряд вспомогательных параметров, необходимых для калибровки измерительной аппаратуры и учета внешнего (конструктивного) окружения измерительной среды.

Методы измерения могут быть различными. Наиболее адекватно требуемой точности, функциональности и сложности отвечает интерферометрический метод, основанный на измерении амплитудно-фазовых

параметров давления плоской стоячей волны, образованной первичной и отраженной от образца волнами частоты F . Наблюдаемая интерференционная картина существенно зависит от взаимного пространственного расположения и волновых размеров измеряемого образца, источников и приемников акустических сигналов, а также искажений (в общем случае резонансного характера), вносимых в измерительный эксперимент элементами внешнего окружения. При этом нелинейность исследуемых процессов и ряд ограничений технологического характера требуют дополнительных измерений и учета уже на стадии первичной обработки многомерных массивов калибровочных коэффициентов.

На втором этапе становится возможным уточнение зависимости комплексных значений КО образца от других его характеристик: геометрических размеров, акустического импеданса, модуля упругости и т. п. Знание указанных зависимостей дает возможность целенаправленного создания новых материалов с прогнозируемыми (по совокупности заложенных в них первичных физических характеристик) значениями КО. На этом этапе (далее – режим вторичной обработки) взаимное влияние рассматриваемых величин, в частности влияние P , T и F практически на все другие составляющие рассматриваемой модели приводит к существенно нелинейному характеру получаемых уравнений и необходимости выбора и адаптации методов их решения.

Постановка задачи. Экспериментальный характер и значительное количество технологических подэтапов измерительного процесса, а также большая размерность пространства измерений и нелинейная зависимость исследуемых параметров определяют ряд задач, подлежащих решению при создании программного обеспечения акустических измерительных систем (АИС), а именно:

- разработка единого информационного пространства с возможностью гибкого многовекторного доступа к хранимым данным в реальном времени выполнения процессов их измерений, обработки и анализа;
- обеспечение реконфигурации схем измерений и обработки в заданном классе экспериментальных и расчетных методик;
- разработка программной модели измерительного процесса для первичной верификации схем измерений и контрольно-профилактических работ;
- разработка средств обработки экспериментальных данных, включая средства решения нелинейных трансцендентных систем уравнений;
- разработка графических средств мониторинга и анализа;
- обеспечение функциональности, разумного сочетания гибкости и «прозрачности» применения встроенных программных средств, включая средства взаимодействия с внешними технологическими подсистемами.

Предметом исследования настоящей работы являются архитектура интегрированной программной операционной среды (ИПОС – Acoustic Commander) для управления процессами акустических измерений и обработки экспериментальных данных, вопросы реализации и функционирования составных ее частей в рамках единого информационного и пользовательского интерфейса АИС.

Модель подлежащих измерению интерференционных акустических процессов может быть представлена системой уравнений вида

цессов может быть представлена системой уравнений вида *

$$G_k(t) = \sum_j A \cdot R_j \cdot \cos(\omega \cdot t + L_{jk}/V + \alpha_j), \quad k = \overline{1, n}, \quad j = \overline{0, m}, \quad n \geq 2, \quad (1)$$

где $G_k(t) = G(\Delta t \cdot i)$, $i = 0, 1, 2 \dots$, $\Delta t = 1/F_d < 1/2F_{\max}$ – временной отсчет действительной составляющей давления плоской акустической волны на входе k -го приемника излучения; F_d – частота дискретизации; $A = A(P, T, F)$ – амплитуда давления плоской волны первичного акустического поля излучателя; $R_j = R_j(P, T, F)$ – модуль КО j -го объекта в зоне измерения; L_{jk} – длина пути, пройденного акустической волной от излучателя до k -го приемника с отражением от j -го объекта; $V = V(P, T, F)$ – скорость распространения акустической волны в среде; $\omega = 2\pi \cdot F$ – угловая частота акустического сигнала излучателя; $\alpha_j = \alpha_j(P, T, F)$ – сдвиг фазы сигнала, вносимый j -м объектом отражения.

При $j = 0$, $R_0 = 1$, $\alpha_0 = 0$ имеем прямое (не отраженное) прохождение сигнала от излучателя к k -му приемнику, при $j = 1$ – отражение сигнала от измеряемого образца. Остальные объекты отражения относятся к внешнему окружению, и их влияние частично устраняется выбором соответствующей конструкции экспериментальной установки.

Для комплексного учета этих и других возмущающих факторов в реализуемый Acoustic Commander процесс измерений КО интегрированы этапные режимы измерения и расчета коэффициентов калибровки технической аппаратуры, реальной скорости распространения акустического сигнала в среде и коэффициентов сквозной калибровки измерительного процесса при измерении образцов с известным КО для различных значений P , T и F .

Для первичной верификации схем измерений и профилактических работ Acoustic Commander содержит встроенную программную модель (эмулятор) измерительного процесса, реализующих систему уравнений (1).

Архитектура и реализация. ИПОС Acoustic Commander разработана в рамках проекта по созданию АИС звукопоглощающих материалов в виде набора программных модулей (рис. 1):

- модуль управления и связи с БД;
- модуль формирования точек измерения в пространстве P , T , F ;
- модуль управления подсистемой акустических измерений (ПАИ);
- модуль управления подсистемой окружающей среды (ПОС);
- модуль вторичных расчетов;
- модуль графического мониторинга и анализа (ГМА);
- модуль подготовки и визуализации номограмм;

* Измерительный комплекс низкочастотной акустической трубы с цифровой обработкой сигналов / А.Г. Лейко, Л.Г. Гулега, Р.А. Зацерковский и др. // Акустичний симпозіум-Консонанс 2005. – К.: ІГМ НАН України, 2005. – С. 221 – 225.

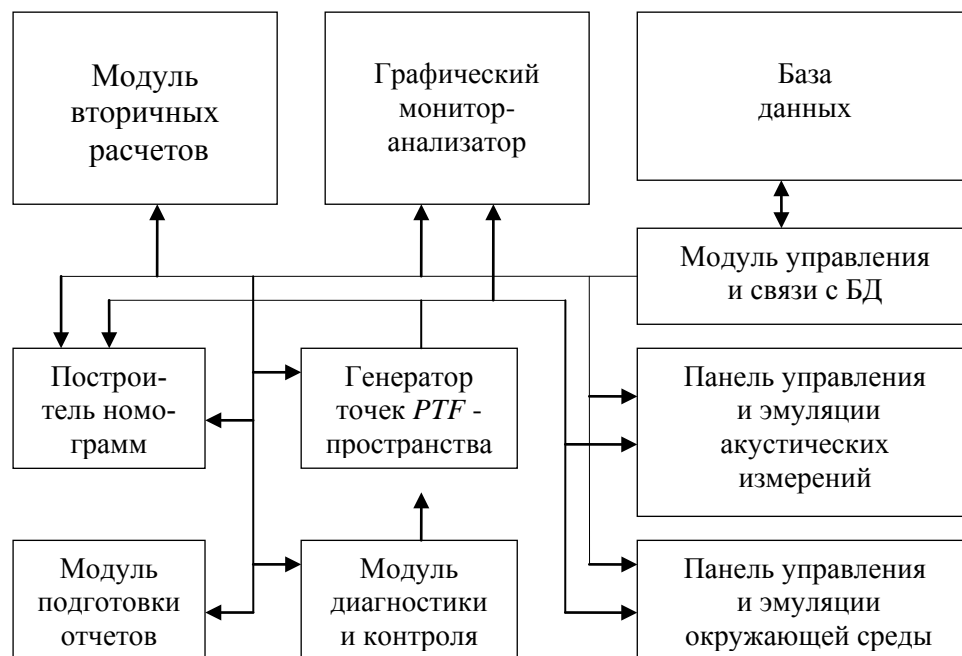


РИС. 1. Блок-схема ИПОС «ACOUSTIC COMMANDER»

- модуль подготовки отчетов;
- модуль диагностики и профилактического контроля.

Пользовательский интерфейс в Acoustic Commander реализован в виде графической интерактивной оболочки, поддерживающей взаимодействие оператора с измерительной аппаратурой ПАИ, ПОС, БД и другими программными модулями в автоматическом, ручном и профилактическом режимах.

После входа в главное окно Acoustic Commander становятся доступными клавиши выбора языка общения и клавиши главного меню для активизации одного из трех основных окон: измерений – MEASUREMENT, вторичной обработки – SECOND HANDLING и профилактического контроля – CONTROL.

Окно измерений является основным рабочим окном Acoustic Commander. Оно предназначено для проведения измерений, первичной обработки и визуализации зависимостей от P , T и F комплексных значений КО и изменяющихся параметров измерительного тракта АИС: коэффициента амплитудно-фазовой коррекции, скорости звука и коэффициента сквозной калибровки по полю.

Окно измерений (рис. 2) содержит следующие управляющие элементы:

- в крайних верхней и нижней зонах – инструментальное меню и панель контроля аварийного состояния и соединения с ПАИ;
- вверху слева – панель видов измерений и измерительных сеток БД, справа – панель ГМА, ниже которой расположены три параметрические сетки: PGrid, TGrid и Fgrid со значениями координат точек измерения в PTF-простран-

стве и указанием единиц их измерения: МРs, Т*С и FHz;

– внизу слева и справа – панель-мониторы ПАИ и ПОС, в центре – плавающая Control-панель управления.

Здесь же представлено всплывающее окно управления и связи с БД, внизу – окна инициализации, контроля соединения и установки параметров эмуляции ПАИ и ПОС.

Совокупность действий оператора в ручном режиме включает в себя выбор режимов функционирования ПАИ и ПОС, а также открытие в параметрических и измерительных сетках Acoustic Commander соответствующих таблиц БД для оперативной выборки из БД значений параметров процесса измерений и построчного сохранения в БД результатов измерений.

Компактное и в то же время наглядное кодирование в общем случае неэквидистантных последовательностей значений *P*, *T* и *F* задается одной строкой в соответствующих таблицах БД с префиксами: Tmode, Pmode и Fmode. Выбор мышью строки компактного кода вызывает его декодирование и загрузку всех допустимых значений параметра в соответствующую параметрическую сетку.

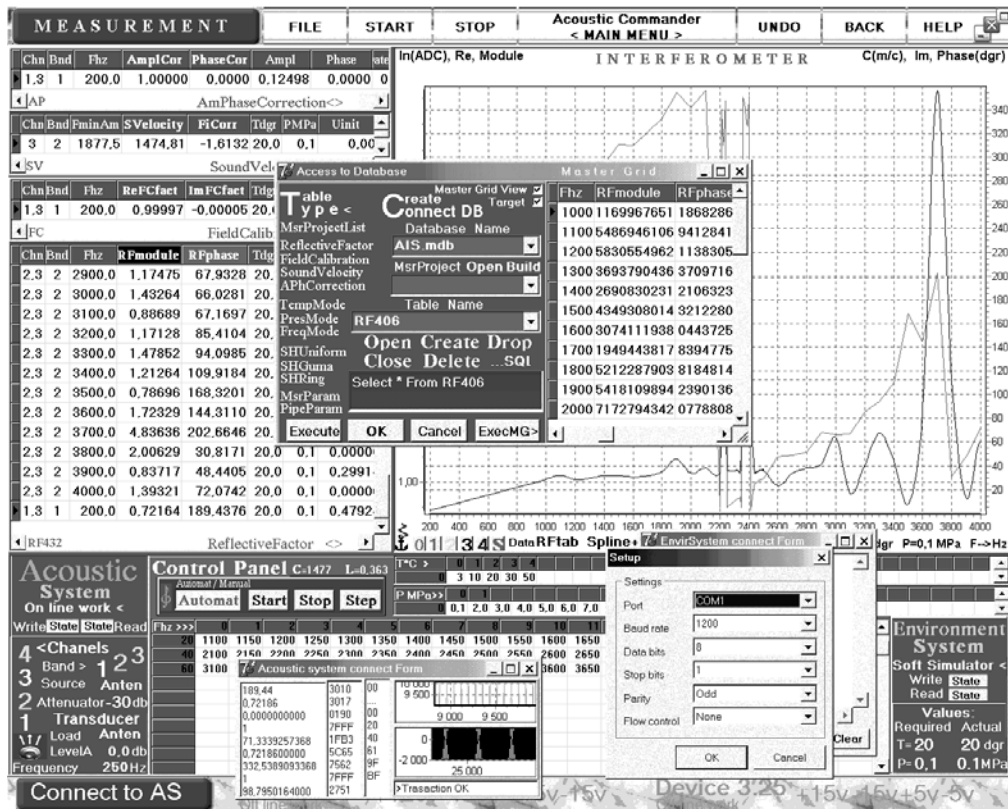


РИС. 2. Окно измерений с всплывающими окнами связи с БД, ПАИ и ПОС

Назначение параметрических сеток – индикация и/или оперативное (одним щелчком мыши) задание текущих значений *PTF*-координат точек измерения как в реальном времени выполнения измерений, так и при отложенном анализе ортогональных срезов многомерных массивов в модуле ГМА.

Плавающая Control-панель содержит переключатель Automate/Manual для выбора автоматического или ручного режимов измерений, а также элементы пуска-останова процесса измерений или его эмуляции.

Start (Loop)/Pause – запуск (зацикливание – в ручном режиме) процесса измерений с пошаговой индикацией конечных результатов вычислений (в табличном, а также графическом виде) или его приостановка с возможностью последующего продолжения в автоматическом или ручном режимах.

В режиме Automate измерения выполняются с обновлением на каждом шаге значений параметров *P*, *T* и *F* точек измерения и производных от них значений уровней сигналов, полос преселекции и т. п.

После выдачи требуемых значений *P* и *T* в ПОС и получения от нее сигнала соответствия температуры и давления окружающей среды заданным значениям происходит выдача необходимых установок частоты *F* и амплитуды зондирующего сигнала в ПАИ. Далее, после старта процесса измерений (или очередного его шага) осуществляется прием и обработка статистических выборок отсчетов акустических давлений в заданных пространственных координатах стоячей волны, образованной прямой и отраженной от образца волнами частоты *F*.

На основании полученных оценок акустических давлений рассчитываются значения амплитуд и фаз КО образца и их сохранение совместно с *P*, *T* и *F* в строках соответствующей измерительной таблицы БД. По завершению перебора заданных комбинаций значений *P*, *T* и *F* происходит остановка процесса измерений, а БД содержит зависимость КО от *P*, *T* и *F*.

В режиме Manual обновления значений параметров не происходит, система повторяет одно и то же измерение многократно с фиксацией результатов каждого в БД.

Step – отработка одного шага измерения, т.е. только в одной очередной *PTF*-точке. В режиме Manual возможна ручная корректировка всех предварительно автоматически сформированных по умолчанию параметров для очередного шага измерений.

Stop – принудительная остановка процесса измерений (с возможностью его рестарта с начальной или иной точки).

Расположенные в нижнем левом и правом углах окна измерений панель-мониторы ПАИ и ПОС содержат необходимые средства для отображения текущих (Actual) и требуемых (Required) параметров соответствующих подсистем, а также установки их возможных значений из открывающихся мышью списков.

По центру обеих панелей расположены индикаторы текущего состояния линии передачи – Write и приема – Read данных, сверху – наименование панелей и индикаторы режимов работы подсистем. Выбор мышью последних открывает аналогичный для обеих подсистем список возможных режимов:

On Line Work – рабочий режим функционирования соответствующей подсистемы с реальной обработкой измерительных и установочных процессов.

HardSimulator – профилактический режим с эмуляцией функционирования соответствующей подсистемы программно-аппаратными средствами этой же системы (используется для контроля каналов связи и части программно-аппаратных средств подсистем).

SoftSimulator – профилактический режим с эмуляцией функционирования подсистемы программными средствами ПК (проверка ПК, программной модели и измерительных методик).

Parameters – открытие окна для задания, автоматического изменения и индикации параметров процессов эмуляции подсистем в режимах HardSimulator и SoftSimulator.

Connect Form – открытие окна для инициализации подключения к соответствующей подсистеме и последующего визуального контроля прохождения измерительных сигналов и служебных сообщений в дуплексных режимах.

В нижней части ПАИ дополнительно расположены элементы для задания и индикации параметров: Source (источник), Attenuator (аттенуатор) и Band (полоса) измерительных каналов (группа Channel), а также параметров: Load (нагрузка), Level (уровень) и Frequency (частота) синтезатора-излучателя акустических сигналов (группа Transducer).

Модуль ГМА предназначен для представления на экране и печати на твердом носителе графических зависимостей значений полей таблиц БД от значений аргументов P , T и F , а также первичных массивов дискретных отсчетов измерительных каналов и служебных массивов. Для этого достаточно выделить мышью интересующее поле таблицы или одну из 6 клавиш соответствующего массива данных.

Для просмотра ортогональных срезов таблиц, т. е. зависимостей значений ее полей только от одного аргумента необходимо выделить его заголовок в измерительной сетке, а фиксированные значения остальных выбрать в сетках параметров Tgrid, Pgrid или Fgrid.

Модуль ГМА обеспечивает статический и динамический (в реальном времени проведения измерений) режимы визуализации измеряемых зависимостей и имеет следующие элементы управления:

Data – выбор и индикация источника данных;

Line – используемый тип интерполяции (Line – линейная, Spline – бикубическими сплайнами, Pith – монотональная с известной частотой основного тона);

Sempr – отображение вертикальных отрезков линий в точках отсчета;

– 1, 2, .., 5 – толщина линий графика;

View и Shift – размер и сдвиг области просмотра по оси абсцисс.

Предусмотрена возможность оперативного изменения размеров области просмотра ГМА, а также ее масштабирования и скроллинга по обеим координатам графика с помощью мыши.

Дальнейшая (вторичная) обработка значений КО образца выполняется в окне вторичных расчетов с целью определения и сохранения в соответствующих

расчетных таблицах БД зависимостей от P , T и F величин акустического импеданса, импеданса сдвиговых колебаний, скорости продольных волн, коэффициентов потерь, поглощения, затухания и т. п.

В зависимости от класса образца (материал, форма, размеры, плотность), и физических параметров гидровоздушной среды измерений (храняемых в БД в таблице первичных параметров ИЭ), вторичная обработка выполняется по различным формулам, сводящимся к системам нелинейных трансцендентных уравнений. Для их решения используется модифицированный метод Ньютона $X^{k+1} = X^k + t \cdot \Delta$, где X^0 и X^k – начальное и полученное на k -й итерации приближение корня, Δ – поправка Ньютона, $0 < t \leq 1$. Возможны также графические методы получения приближенных решений с помощью предварительно рассчитанных номограмм.

Учитывая экспериментальный характер расчетных методик, необходимость их апробации для новых материалов и различных измерительных (физических) сред, предусмотрена возможность поставки с ИПОС парсера и компилятора формульных выражений, позволяющих выполнять вторичные расчеты для новых классов образцов.

В Acoustic Commander поддерживается современная технология рабочего проекта (измерительного эксперимента), включая его создание с заданием имени в новой строке таблицы первичных параметров ИЭ и выполнение с пошаговым автосохранением результатов измерений и вторичных расчетов в соответствующих таблицах БД. Это обеспечивает сохранность результатов продолжительных измерений в случае непредвиденных сбойных ситуаций в измерительной или климатической подсистемах и возможность продолжения ИЭ с автоматическим восстановлением прерванного состояния ИПОС.

В случае автоматической генерации имен ИЭ, а также имен измерительных и расчетных таблиц они создаются производными от шифра образца, его класса и порядкового номера ИЭ.

На рис. 2 в диалоговом окне Access to Database представлен пользовательский интерфейс для работы с БД в ручном режиме, включая выделенные элементы управления для реализации наиболее употребляемых SQL-запросов: Open, Create, Select и т. п. Полный набор SQL-запросов соответствует поддерживаемому операционной системой подмножеству запросов к таблицам .mdb формата.

Получено 29.04.2009