

Данная модель вполне может быть успешно реализована именно для специалистов, которые нуждаются в переподготовке или повышении квалификации, так как они более мотивированы, чем студенты, получающие первое высшее образование, и они обладают необходимыми навыками самоорганизации и управления вре-

менем, способностью к коммуникации в письменной форме, инициативностью и установкой на высокий стандарт достижений. Такая модель образования позволяет свести к минимуму временные затраты, связанные с организацией обучения, и перенести их на сам образовательный процесс.

Технические науки

СМЕШАННЫЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ВИБРОПОЛЕЙ

Крупенин В.Л.

Учреждение Российской академии наук
ИМАШ РАН им. А.А. Благодирова, Москва,
e-mail: krupeninster@gmail.com

Рассмотрим класс достаточно общих объектов, анализ которых осуществляется в рамках классических воззрений линейно механики сплошной среды. Ставится задача о распространении в таких объектах (протяженных машинных конструкциях) сильно нелинейных упругих волн, генерируемых виброударными процессами.

Моделирование данной системы «в целом» – весьма трудоемко [1]. Можно, однако, указать некоторые достаточно общие модели, сочетающие в себе аксиоматику разных разделов физики и механики, позволяющие получить приемлемые, даже аналитические описания интересных динамических эффектов (модель типа «сплошная среда – вибровод»).

Вначале предполагается существование упругой среды, описываемой вектором перемещений $u(x, t)$ ($x \in R^3$, $t \in R$), и описываемой классическим уравнением Ламе:

$$\rho u_{tt} = (\lambda + \mu) \text{grad div } u + \mu \Delta u + F, \quad (1)$$

где ρ – плотность несущей среды, существование которой постулируется, параметры Ламе характеризуют ее упругость. Интенсивность объемных сил имеет следующую структуру:

$$F = F_1 + F_0,$$

где F_1 – заданный вектор, а

$$F_0(x, t) = -c_1(u - y_n^{(1)}) - c_2(u - y_n^{(II)}). \quad (2)$$

С каждой точкой упругой несущей среды связана ударная пара, состоящая из двух взаимодействующих линейных склерономных подсистем $A^{(I)}(x)$ и $A^{(II)}(x)$, определяемых системами операторов динамической податливости $L_{qj}^{(I)} = O(p^{-2})$; $L_{lk}^{(II)} = O(p^{-2})$, где $p \equiv d/dt$ оператор дифференцирования; индексы q, j, l и k изменяются на некоторых множествах, определяемых размерностями взаимодействующих подсистем, параметры которых могут, вообще говоря, зависеть от координат x . Для замыкания системы (1), (2) добавим соотношения

$$y_n^{(I,II)} = L_{nn}^{(I,II)}(p)c_{1,2}u \pm \pm L_{kn}^{(I,II)}(p)\Phi_1(y^0, y^0_t) + f_n^{(I,II)}; \quad (3)$$

$$y_k^{(I,II)} = L_{nk}^{(I,II)}(p)c_{1,2}u \pm \pm L_{kk}^{(I,II)}(p)\Phi_1(y^0, y^0_t) + f_k^{(I,II)}, \quad (4)$$

где $y_n^{(I,II)}(x, t)$ и $y_k^{(I,II)}(x, t)$ – перемещения точек подвеса и взаимодействия, $y^0 = y_k^{(II)} - y^{(I)}$ – относительное сближение ударников взаимодействующих подсистем, к которым приведены плотности $m_{II}(x)$ и $m_I(x)$; $\Phi_1(y^0, y^0_t)$ – плотность силы удара (для системы $A^{(I)}$ в (3) и (4) выбираем знак «плюс», для $A^{(II)}$ – «минус»); в эти же уравнения могут быть внесены какие-либо функции $f_s^{(I,II)}, \dots$, описывающие дополнительные внешние воздействия.

Граничные условия становятся точно так же, как и в классическом варианте – для уравнения (1), моделирующего несущую конструкцию (ее физические и геометрические качества). Частотные свойства амортизированного оборудования, генерирующего виброударные процессы, дает модель присоединенной части среды, содержащей распределенный ударный элемент.

Механизм связи несущей и присоединенной частей определяет структуру искомого глобального вибрационного поля. Данный подход – весьма общий, но возможно жертвует информацией об особенностях каких-либо конкретных элементов системы.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 10-08 – 00500).

Список литературы

1. Крупенин В.Л. Модель сильно нелинейной вибропроводящей среды с распределенным ударным элементом // ДАН. – 1995. – Т. 343, №6. – С. 759-763.

К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ

Стельмах В.О., Ковалев Д.И.,
Лайков А.Н., Реутов А.А.

Сибирский федеральный университет, Красноярск,
e-mail: stelmakh.vladimir@gmail.com

Разработка отказоустойчивого программного обеспечения (ПО) – отдельный аспект разработки надежных информационно-управляющих систем (ИУС), так как системная надежность зависит от надежности как аппаратных, так и программных компонент [1]. Как правило, надежностное проектирование ИУС фокусируется на критичных частях аппаратного обеспечения системы. Однако во многих областях науки и

производственной деятельности сбой в работе программного обеспечения может привести к значительным экономическим потерям. Поэтому одной из основных задач разработчиков программного обеспечения становится создание таких алгоритмов или методов разработки ПО, которые обеспечивали бы устойчивость системы к программным и аппаратным сбоям.

На практике существует два дополняющих друг друга подхода, которые используются при разработке надежного программного обеспечения ИУС [2].

Предотвращение сбоев. В процессе проектирования и реализации программных систем используются такие технологии разработки ПО, которые сводят к минимуму ошибки оператора и помогают находить системные ошибки до того, как система будет запущена в эксплуатацию.

Устойчивость к сбоям. Система проектируется таким образом, что бы можно было обнаружить и исправить сбои, устраняя непредвиденное поведение системы до того, как это приведет к ее отказу.

Предотвращение сбоев, фактически, означает поставку заказчику программных систем, свободных от ошибок и сбоев. Это можно сделать двумя способами: с помощью статических и динамических методов тестирования, которые обнаруживают эти ошибки и позволяют исправить их до начала эксплуатации системы. Однако с уменьшением ошибок в системе стоимость их обнаружения возрастает экспоненциально. Это значит, что при усложнении системы обеспечить достаточный уровень ее надежности только за счет тестирования становится практически невозможным.

Устойчивость к сбоям подразумевает наличие в системе возможности исправления ошибок отдельных модулей в процессе их выполнения. В настоящее время выделяют два основных подхода к созданию отказоустойчивых программных систем. Они основаны на разработке множества версий для критичных модулей системы и различаются способами использования этих версий.

Первый подход известен как *мультиверсионное программирование* [3]. Здесь версии выполняются параллельно, как правило, на отдельных компьютерах. Результат их работы определяется с помощью какого-либо алгоритма голосования [4]. Надежность системы при этом напрямую зависит от глубины мультиверсионности. Однако улучшение характеристик надежности ПО с использованием избыточности требует дополнительных ресурсов. Поэтому основной вопрос, встающий перед разработчиком заключается в том, каким образом, используя избыточность в структуре ПО, максимизировать его надежность, при этом не превышая ограничений по остальным факторам.

Второй подход основан на использовании *блоков восстановления* [2]. В этом случае каж-

дый критичный программный компонент содержит множество версий вычислительного модуля; тест, проверяющий его работу; и подпрограмму, которая по результатам выполнения теста либо принимает результаты вычисления, либо запускает их повторно, но уже с помощью другой версии вычислительного модуля.

Версии модулей для вышеперечисленных подходов реализуются отдельными командами разработчиков согласно заранее определенной спецификации, описывающей входную и выходную информацию, а так же детальные требования (язык программирования, алгоритм, требования к ресурсам, и т.д.) к каждой версии модуля.

Список литературы

1. Ковалев И.В., Новой А.В., Штенцель А.В. Оценка надежности мультиверсионной программной архитектуры систем управления и обработки информации // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета. – 2008. – № 3. – С. 50-52.
2. Ковалев И.В., Завьялова О.И., Лайков А.Н. Формирование избыточного программного обеспечения отказоустойчивых систем управления // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2008. – Т. 51, № 10. – С. 30-34.
3. Ковалев И.В., Слободин М.Ю., Царев Р.Ю. Мультиверсионное проектирование отказоустойчивого программного обеспечения систем управления // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2006. – № 5. – С. 61-69.
4. Ковалев И.В., Котенок А.В. К проблеме выбора алгоритма принятия решения в мультиверсионных системах // Информационные технологии. – 2006. – № 9. – С. 39-44.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ОПЕРАЦИИ А.С. БОНДАРЕВСКОГО

Тупик Н.В.

Каспийск, e-mail: tupik_nv@mail.ru

В журналах РАЕ [1-3] прошла серия статей А.С. Бондаревского по поводу информации и информационных операций. В них затрагиваются очень важные вопросы, такие как: что такое информация, как она связана с материей, какие операцией над ней осуществимы и т.д. Материал достаточно сложный и по результатам прочтения этой серии, у автора данной статьи сформировался некий совокупный зрительный образ изложенного, который и представлен на рассмотрение (рисунок).

Информационные операции по С.А. Бондаревскому

Согласно представлениям А.С. Бондаревского «материя» и «информация» – это две субстанции, которые существуют независимо друг от друга на уровне «всеобщего». Материя – это «вещь в себе» (в кантовском смысле), которая существует «вне нас и независимо от нас» и не может быть воспринята непосредственно нашими органами чувств. Но у «вещи в себе» есть «качества», для которых могут быть построены «физическая» и «информационная» модели. На выходе этих моделей уже присутствуют те или иные воспринимаемые «свойства» исходного «качества».

«Физическая модель качества» не есть вся «материя» как таковая, а только та её часть, ко-