ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИНФОРМАЦИОННО-ЭКСПЕРТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПЕРИОДИЧЕСКОМ КОНТРОЛЕ И ДИАГНОСТИКЕ СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ СИЛОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗДЕЛИЙ, НАХОДЯЩИХСЯ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

И. П. Мирошниченко

ФГБОУ ВПО «Донской государственный технический университет»,
г. Ростов-на-Дону

Статья посвящена вопросам использования информационно-экспертных технологий при периодическом контроле и диагностике состояния слоистых композиционных материалов силовых элементов изделий, находящихся в эксплуатации.

Ключевые слова: информационно-экспертные технологии, экспертная система, контроль состояния, диагностика состояния, конструкционные материалы, композиционные материалы.

В настоящее время наиболее актуальным для безаварийной эксплуатации современных образцов техники является решение комплекса задач по обеспечению периодического контроля и диагностики состояния конструкционных материалов силовых элементов изделий, находящихся в эксплуатации, неразрушающими методами контроля с целью принятия решений о возможности их дальнейшей эксплуатации и прогнозирования остаточного ресурса. При этом, необходимо особо выделить процессы контроля и диагностики состояния слоистых композиционных материалов силовых элементов изделий.

Для решения отмеченных задач наиболее целесообразно использовать универсальную экспертную систему (УЭС) «Ресурс», описанную, например в [1], которая представляет собой многофункциональный интеллектуальный программно-аппаратный комплекс, позволяющий автоматизировать процесс сбора и анализа информации о реальном состоянии каждого из силовых элементов индивидуально для каждого из изделий, находящихся в эксплуатации, с последующим анализом и прогнозированием их остаточного ресурса эксплуатации.

УЭС «Ресурс» реализована по принципу интеллектуального интерфейса. Структура УЭС «Ресурс» модульная, многоуровневая, иерархическая открытого типа, при этом каждый модуль решает одну или несколько технологических задач системы, а все вместе они обеспечивают поддержку на всех этапах

контроля и диагностики состояния, а также при принятии решений.

Иерархия уровней подразумевает наследование знаний и возможностей системы, при этом все знания приобретенные модулями высших уровней при решении слабо формализованных логических задач автоматически используются модулями низших уровней, а результаты решения задач низшего уровня используются модулями высшего уровня для оценки «качества» решения аналитических задач.

В процессе работы для каждого этапа процесса принятия решения выбирается оптимальный метод на основании требований, предъявляемых к классу ситуаций. Конкретный алгоритм принятия решений формируется в процессе взаимодействия системы логического вывода (блока решателя системы) с информацией, накапливаемой в базе знаний (в банке эвристических правил и критериях оптимальности), и эвристики, присущей эксперту, причем пространство поиска оптимального решения зависит от степени формализации задачи. Для хорошо формализованных задач пространство поиска однозначно определяется базой знаний (банком моделей), а для слабо формализованных задач пространство поиска во многом зависит от степени проработки эвристических правил и эвристики, присущей человеку.

В УЭС «Ресурс» предусмотрена возможность взаимного «человеко-машинного» обучения, при котором эксперт обучает сис-

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИНФОРМАЦИОННО-ЭКСПЕРТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПЕРИОДИЧЕСКОМ КОНТРОЛЕ И ДИАГНОСТИКЕ СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ СИЛОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗДЕЛИЙ, НАХОДЯЩИХСЯ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

тему путем уточнения эвристических правил или базы фактов, а система обучает пользователей.

Открытость УЭС «Ресурс» заключается в расширении ее функциональных возможностей в процессе работы.

Основой системы УЭС «Ресурс» является оболочка, которая взаимодействует с основными компьютерными платформами и операционной системой Windows. Оболочка включает в себя инсталлятор и конфигуратор системы, интерфейс пользователя и систему накопления, корректировки и использования знаний. В оболочку могут быть инсталлированы базы (данных, фактов, знаний), системы управления базами данных, исполняемые модули с различными приложениями и иерархический набор гибридных экспертных систем.

Нижним уровнем УЭС «Ресурс» являются интерпретирующие гибридные экспертные системы, которые используют информацию от датчиков или через операторов осуществляют сбор и систематизацию информации о состоянии объектов контроля. Они автоматизируют процесс сбора информации и обеспечивают интерпретацию данных при проведении натурного обследования, проводят аналитическое моделирование, осуществляют оценку состояния объектов контроля и прогнозируют изменение параметров во времени. При необходимости они моделируют поведение объектов контроля при различных воздействиях в процессе эксплуатации, а также совместно с экспертом-оператором формируют выводы о возможности продления ресурса эксплуатации объектов контроля.

Процесс натурного обследования и выявление имеющихся дефектов в объектах контроля проводится с использованием новых информационных технологий. Система сбора и систематизации информации представлена в виде локальной вычислительной сети, работающей, в том числе по принципу «клиент/сервер». Основой системы является информационная база знаний, которая обеспечивает накопление информации, формализует основные критерии оценки состояния и правила принятия решений о возможности продления ресурса эксплуатации объектов контроля.

Аппаратно-нижний уровень системы представляет собой комплекс переносных компьютерных систем, которые осуществляют сбор и систематизацию информации.

Сбор информации осуществляется автоматизированной системой диагностики,

которая взаимодействует с соответствующей гибридной экспертной системой и системой визуализации информации, при этом информация может поступать из базы данных, от видеокамер и от измерительных приборов.

Сбор необходимых данных осуществляется путем проведения натурного обследования (контроля состояния и измерения параметров). Интерпретирующие гибридные экспертные системы позволяют провести предварительный анализ измеренных параметров по заданным алгоритмам, исключить ошибочные замеры или суждения, сжать информацию и предоставить ее для дальнейшего анализа в удобной форме. При натурном обследовании используются сведения о ранее проведенных обследованиях объекта контроля с уточнением и дополнением информации по изменению его состояния за контролируемый отрезок времени. Анализ состояния проводится в диалоге с экспертом.

Интенсивное создание и повсеместное использование новых видов конструкционных материалов (композиционных, полимерных, слоистых и т.п.) и изделий приводит к наращиванию разработки новых методов и программного обеспечения для проведения анализа их напряженно-деформированного состояния для различных расчетных случаев на всех этапах их жизненного цикла (изготовление, контроль качества, эксплуатация и т.д.), а соответственно, и дополнению возможностей описанной УЭС «Ресурс»

На основе тензорных соотношений обобщенного метода скаляризации динамических упругих полей в трансверсально-изотропных средах, предложенного в [2], разработан научно-методический аппарат для определения напряженно-деформированного состояния в слоистых цилиндрических и эллиптических конструкциях, выполненных из изотропных и трансверсально-изотропных композиционных материалов, учитывающий особенности всех типов волн, распространяющихся в данных материалах, волновых процессов в слоистых структурах и влияние кривизны поверхности рассматриваемых конструкций при заданном пространственно-временном распределении источников локального или распределенного импульсного воздействия по внешней и (или) внутренней поверхностям рассматриваемых конструкций. Предложены методики определения напряженно-деформированного состояния в эллиптическом стержне, пространстве с эллиптической полостью и толстой эллиптической трубе для частных случаев двумерных задач.

Рассмотрен общий случай возбуждения упругих волн в слоистых эллиптических конструкциях, выполненных из трансверсально-изотропных материалов. Отмеченный научно-методический аппарат подробно описан в работах [3,4].

Разработано оригинальное программное обеспечение [5-11], реализующее научно-методический аппарат [3,4].

Предложено оригинальное программное обеспечение [12-13] для моделирования процессов диагностики состояния слоистых конструкций, выполненных из трансверсально-изотропных материалов, акустическими активными методами неразрушающего контроля при однократном или многократном воздействии зондирующих импульсов в форме функции Гаусса, локально-распределенном по внешней и внутренней поверхностям рассматриваемых конструкций.

Данное программное обеспечение успешно прошло апробацию при решении актуальных научных задач. Его разработка продолжается в интересах целого ряда прикладных производственных задач.

Отмеченное программное обеспечение полностью адаптировано для решения задач в составе УЭС «Ресурс».

Настоящие разработки частично поддержаны грантом РФФИ № 13-08-00754.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мирошниченко, И.П. Информационно-экспертные технологии в процессах создания и эксплуатации сложных образцов техники / И.П. Мирошниченко, Р.В. Сахабудинов, А.Я. Сапотницкий, А.С. Юдин // Компьютерные технологии в инженерной и управленческой деятельности: материалы Всероссийских научно-технических конференций с международным участием. Ч. 2. Моделирование, управление и обработка информации в технических и человеко-машинных системах.- Таганрог: ТГРУ, 1998.- С. 78-79.

2. Сизов, В.П. О скаляризации динамических упругих полей в трансверсально-изотропных средах / В.П. Сизов // Известия АН. Механика твёрдого тела.- 1988.- № 5.- С. 55-58.

3. Мирошниченко, И.П. Возбуждение упругих волн в слоистых анизотропных конструкциях: монография / В.П. Сизов, И.П. Мирошниченко.- Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, Germany, 2012.- 270 с.

4. Miroshnichenko, I.P. Methods of Modeling of Stress-Strain Status in Layered Structures of Anisotropic Materials at Pulse Influences / I.P. Miroshnichenko // Advanced Materials. Physics, Mechanics and Applications Series: Springer Proceedings in Physics. Vol. 152.- Springer International Publishing, Switzerland, 2014.- pp. 163-179.

5. Мирошниченко, И.П. Программа для определения напряженно-деформированного состояния в слоистой цилиндрической конструкции / И.В. Коробчак, И.П. Мирошниченко // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2011610785 РФ, 2011.

6. Мирошниченко, И.П. Программа для определения напряженно-деформированного состояния в слоистой цилиндрической конструкции при действии локальной импульсной нагрузки / И.В. Коробчак, И.П. Мирошниченко // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2011612071 РФ, 2011.

7. Мирошниченко, И.П. Программа для расчета напряженно-деформированного состояния в упругом полупространстве при импульсном воздействии по кольцевой области на его поверхности / А.М. Петров, И.П. Мирошниченко // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2013615307 РФ, 2013.

8. Мирошниченко, И.П. Программа для определения напряженно-деформированного состояния в многослойной цилиндрической конструкции с трансверсально-изотропными слоями при импульсном воздействии с заданным пространственно-временным распределением его источников / И.П. Мирошниченко, А.М. Петров // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2013615308 РФ, 2013.

9. Мирошниченко, И.П. Программа для определения напряженно-деформированного состояния в многослойной цилиндрической конструкции / И.П. Мирошниченко.- Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2014613314 РФ, 2014.

10. Мирошниченко, И.П. Программа для определения перемещений и напряжений в слоистой цилиндрической конструкции при комбинированном импульсном воздействии / И.П. Мирошниченко.- Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2014613315 РФ, 2014

11. Мирошниченко, И.П. Программа для определения перемещений и напряжений в слоистой цилиндрической конструкции при импульсном воздействии / И.П. Мирошниченко.- Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2014613316 РФ, 2014.

12. Мирошниченко, И.П. Программа для моделирования процесса диагностики состояния материала в монослойной конструкции / И.П. Мирошниченко, И.А. Паринов // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2012661166 РФ, 2012.

13. Мирошниченко, И.П. Программа для моделирования процесса диагностики состояния материала в слоистой конструкции / И.П. Мирошниченко, И.А. Паринов // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2012661167 РФ, 2012.

Мирошниченко Игорь Павлович - к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Основы конструирования машин», e-mail: ipmir@rambler.ru.