

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПРИЧИН ОТКАЗОВ И АВАРИЙ В НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А.Ф. Берман, О.А. Николайчук, А.И. Павлов, А.Ю. Юрин (ИДСТУ СО РАН)

*Представлены функциональные модули инструментального средства, обеспечивающего создание прикладных программных систем для определения причин изменения технического состояния и вызываемых этим изменением отказов и аварий в химической и нефтехимической промышленности. Приведен пример использования инструментального средства в случае детерминированного поиска прецедента по визуально наблюдаемым параметрам повреждения и разрушения детали.*

Обеспечение и поддержание надежной и безопасной эксплуатации машин и конструкций в значительной степени связано с определением возможных и фактических причин повреждения и разрушения их элементов, приводящих к отказам и авариям. Правильное определение причин позволяет совершенствовать объекты, обосновывать необходимую модернизацию, уточнять периодичность и средства диагностирования, обосновывать мероприятия по обеспечению безопасности при возникновении критических отказов.

Одним из главных условий эффективного и качественного решения этих задач является накопление, своевременное извлечение и применение информации релевантной решаемым задачам. Это возможно только в том случае, если используются современные информационные технологии и автоматизированные системы [1].

Одной из реализаций таких технологий и систем являются компьютерные Интеллектуальные системы поддержки принятия решений (ИСППР). Наибольшие трудности при их реализации вызывает не процесс разработки собственно программной системы, а этап анализа данных и знаний. Для создания ИСППР необходима классифицированная и систематизированная информация, модели и алгоритмы, обеспечивающие определение причин отказов и аварий.

Для предоставления возможности разработки ИСППР пользователям-экспертам, не имеющим необходимой подготовки в области программирования, лабораторией методов автоматизации исследований техногенной безопасности Института динамики систем и теории управления СО РАН (ИДСТУ СО РАН, г. Иркутск) разработано Инструментальное средство создания ИСППР для идентификации технического состояния деталей машин и конструкций.

Инструментальное средство [2] обеспечивает создание прикладных программных систем для определения причин изменения технического состояния и вызываемых этим изменением отказов и аварий в химической и нефтехимической промышленности. Причем подобный подход и его реализация могут быть распространены на механические системы, используемые в других отраслях промышленности. Инструментальное средство включает интегрированные и формализованные знания экспертов, а также эмпирические знания из различных предметных областей, необходимых для оценки технического состояния и определения причин отказов и аварий.

Разрабатываемые с помощью инструментального средства интеллектуальные системы определения

причин отказов и аварий обладают следующими функциями:

1. описание нежелательного состояния (инцидента или аварии) по имеющейся информации;
2. выявление причинно-следственного комплекса факторов, обусловивших инцидент или аварию;
3. обоснование и планирование необходимых мероприятий по предотвращению повторных инцидентов и аварий; по восстановлению объекта (системы);
4. идентификация и интерпретация инцидента или аварии, внесение его в БД;
5. прогнозирование инцидентов и аварий с более высоким уровнем последствий;
6. генерация стандартной, краткой и полной отчетной информации об инциденте или аварии.

Помимо перечисленных функций инструментальное средство обладает простым инструктивным интерфейсом, что сокращает затраты времени на освоение системы при решении различных задач, особенно в случаях редкого обращения к системе, когда забываются принципы взаимодействия с ней.

Ядром инструментальной системы, обеспечивающим решение задач исследования технического состояния машин и конструкций и определения причин отказов и аварий, является гибридная экспертная система. Гибридность экспертной системы характеризуется наличием в ее составе двух модулей: один обеспечивает поддержку принятия решений на основании прецедентов, второй — на основании модели причинно-следственного комплекса возникновения отказов и аварий.

Модуль, обеспечивающий решение задачи идентификации на основании прецедентов, использует накопленный опыт (ранее принятые решения) и реализован в соответствии с методологией рассуждения на основе прецедентов (Case-based reasoning). Согласно данной методологии процесс решения задачи представляет собой последовательность этапов поиска (извлечения) аналогов и повторного использования информации, содержащейся в извлеченных аналогах.

Причем требуемые знания из материаловедения, физики и механики разрушения, прочности, надежности и других дисциплин концентрируются в пределах прецедентов. Таким образом, каждый прецедент — это систематизированная и классифицированная информация о причинах конкретного повреждения, разрушения элемента и отказа механической системы в целом.

Особое значение на этапе поиска аналогов уделяется индексации прецедентов. Для обеспечения быс-

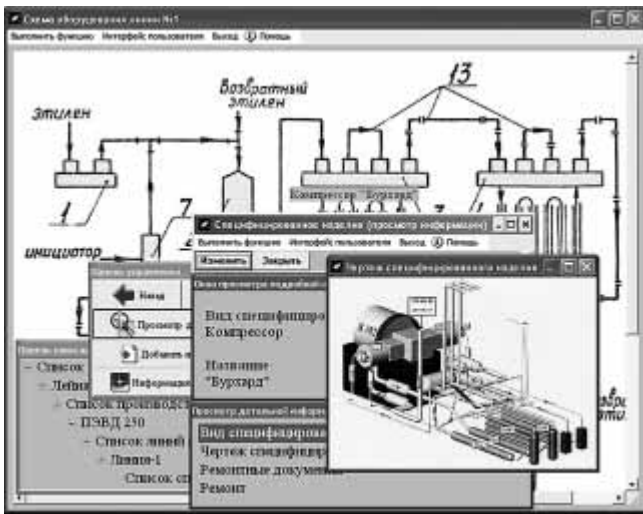


Рис. 1. Пользовательский интерфейс для просмотра мнемосхемы оборудования



Рис. 2. Пользовательский интерфейс для описания прецедентов

тродействия поиска аналогов авторами был разработан подход к индексированию прецедентов, обеспечивающий построение индексов, включающих сведения о структурных свойствах механической системы, о признаках текущего технического состояния и их значениях. Использование данного подхода к индексированию позволяет учитывать субъективные предпочтения исследователей при поиске (извлечении) аналогов и особенности предметной области при применении методологии Case-based reasoning для решения задачи идентификации.

Этап повторного использования аналогов включает адаптацию полученных решений и реализуется путем повторной конкретизации, содержащей качественное переопределение описания прецедента и (или) уточнение параметров, и (или) значений параметров.

Модуль, обеспечивающий решение задачи идентификации на основе модели, представляет собой продукционную экспертную систему, состоящую из продукционной базы знаний и интерпретатора

CLIPS. Формирование образцов-фактов и правил осуществлено с помощью объектно-ориентированной модели, отражающей причинно-следственный комплекс возникновения отказов и аварий, представленной на языке UML (Unified Modelling Language). При формировании образцов-фактов и обобщенных правил, классам объектно-ориентированной модели ставятся в соответствие фреймы-образцы CLIPS, атрибутам классов – слоты фрейма-образца, отношениям между классами – продукционные правила.

Помимо гибридной экспертной системы можно выделить модули: поддержания адекватности модели (модуль извлечения знаний), реализации математических функций (элементы математического моделирования), автоматического формирования интерфейса пользователя по структуре данных и построения отчетов.

Модуль поддержания адекватности модели предназначен для анализа прецедентов и выделения зависимостей между предметными сущностями, процессами и явлениями. Выявленные зависимости (отношения) между предметными сущностями и сами предметные сущности используются для развития объектно-ориентированной модели изменения технического состояния и возникновения отказов и аварий.

В исследуемой предметной области наряду со слабо формализованными знаниями, отдельные аспекты динамики технического состояния описываются аналитическими моделями, например, описание роста микротрещин, изменения твердости материала, изменения остаточных напряжений в детали и т.д. Поэтому при описании процесса изменения технического состояния необходимо комбинирование продукционных (или других моделей знаний) и аналитических моделей, когда последние дополняют и уточняют значения отдельных параметров продукционной модели. Подобные аналитические модели содержатся в модуле реализации математических функций.

Пользователь, используя инструментальное средство, формирует предметную область, взаимодействуя с системой посредством модуля автоматического формирования интерфейса [3], и описывает (рис. 1):

- механические системы исследуемой предметной области, что отражается в БД "Оборудование" и "Материалы";
- прецеденты, которые накапливаются в "Базе прецедентов";
- свойства алгоритмов, обеспечивающих решение задачи идентификации;
- знания в виде продукционных правил.

При наполнении инструментального средства данными и знаниями создается интеллектуальная система определения причин отказов и аварий для конкретной предметной области.

На данный момент разработан прототип интеллектуальной системы определения причин отказов и аварий в нефтехимии. База прецедентов этой системы со-

держит информацию почти о 250 отказах и авариях на различных нефтехимических производствах [4].

Рассмотрим пример детерминированного поиска прецедента по визуально наблюдаемым параметрам повреждения и разрушения детали. Сначала указывается наименование отказавшей детали, ее принадлежность к сборочной единице и механической системе. Информация о воздействующих на деталь проектных факторах и свойствах материала, из которого она изготовлена, включая технологическую наследственность, заполняется автоматически из БД "Оборудование" и заносится в статическую часть формируемого прецедента. Затем вводятся параметры повреждения, разрушения и фактических воздействующих факторов в динамическую часть формируемого прецедента [5].

На основании имеющихся знаний и введенных данных определяются вид деградационного процесса, причины отказа, аварии и мероприятия, ранее принятые в подобной ситуации для предупреждения аналогичных отказов (рис. 2).

#### Список литературы

1. Берман А.Ф. Деградация механических систем. Новосибирск, "Наука", 1998 г.
2. Николайчук О.А., Павлов А.И., Юрин А.Ю. Инструментальное средство создания интеллектуальных систем поддержки принятия решений для идентификации технического состояния деталей машин и конструкций // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. М. Рег. № 2005611217 от 25.05.05г.
3. Николайчук О.А., Павлов А.И., Юрин А.Ю. Инструментальное средство создания информационных систем автоматизации процесса исследования и обеспечения надежности механических систем // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. М. Рег. № 2005611218 от 25.05.05 г.
4. Берман А.Ф., Храмова В.К., Николайчук О.А. База данных по отказам оборудования высокого давления химико-технологических линий по производству полиэтилена // Свидетельство об официальной регистрации Базы Данных. М. – Роспатент. – Рег. № 990010 от 26.02.1999 г.
5. Павлов А.И., Юрин А.Ю. Представление и обработка знаний в интеллектуальных системах повышения безопасности сложных технических систем // Вестник Томского государственного университета. 2004. №9 (II).

*Берман А.Ф. — д-р техн. наук, проф., заведующий лабораторией,  
Николайчук О.А. — канд. техн. наук, ст. научный сотрудник,*

*Павлов А.И. — канд. техн. наук, научный сотрудник, Юрин А.Ю. — канд. техн. наук, научный сотрудник.  
Лаборатория методов автоматизации исследований техногенной безопасности ИДСТУ СО РАН.*

*Контактный телефон (3952)51-14-18.*

*E-mail: berman@icc.ru*

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДАТЧИКИ ВИБРАЦИОННОГО ТИПА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТП

**С.С. Лопатин (Фирма Endress+Hauser GmbH+Co.KG)**

*На примере вибрационных пьезоэлектрических датчиков фирмы Endress+Hauser выявлены три основные направления, связанные с интеллектуализацией приборов этого класса: контроль чувствительного элемента на внезапный отказ; предсказуемое поведение чувствительного элемента и мониторинг степени его эксплуатационной пригодности; адаптация чувствительного элемента к условиям эксплуатации, осуществляемая электронным образом.*

В управлении ТП можно выделить две системы, одна из которых воздействует на процесс, например, нагреватель или компрессор, а другая измеряет его физические параметры, например, температуру или давление. Эти системы связаны между собой через эксперта, который по определенным правилам регулирует процесс в заданных технологических границах. Успехи микроэлектроники последних двух десятилетий позволили реализовать функции эксперта в микропроцессорах. В результате измерительные системы становятся все в большей степени не просто информационными, а высокоинтегрированными информационно-управляющими системами.

На входе такой системы независимо от ее сложности находятся, как правило, аналоговые чувствительные элементы, которые на основе простых физических принципов преобразуют параметры процесса в электрические сигналы. Затем следует предварительная обработка, компенсация ошибок и преобразование сигналов, а далее полученная информация подвергается экспертной оценке с выдачей команды на исполнительное устройство.

Аналоговым чувствительным элементам присущи общие недостатки. Прежде всего, к ним относятся шумы и артефакты, причиной которых является одинаковый отклик датчика на разные физические воздействия. В качестве примеров назовем пьезоэлектрическую чувствительность пьезокерамики или паразитные механические напряжения в мембране датчика давления, возникающие вследствие воздействия на него температуры или в результате старения материалов. За счет совершенствования материалов, конструкции и технологии можно улучшить линейность и уменьшить скорость старения такого чувствительного элемента, но температура остается глобальным параметром, влияющим на точность промышленных датчиков.

Аналоговая электроника предоставляла ограниченное число средств для автоматической коррекции измерений. С развитием микропроцессорной техники такая коррекция существенно упростилась: достаточно оцифровать сигнал чувствительного элемента, и его можно корректировать по калибровочным таблицам, проводить Фурье-анализ, нормировать, под-