

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

М.В. Ионов, М.Н. Краснянский

ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов

Рецензент д-р техн. наук, профессор С.И. Дворецкий

Ключевые слова и фразы: диагностика состояния; диагностические признаки; объект диагностирования; планово-предупредительные ремонты; система технической диагностики.

Аннотация: Многообразие вариантов реализации различных систем технической диагностики технологического оборудования по состоянию порождает целый класс нетривиальных научных задач, решение которых является необходимым. Представлена разработанная структура системы технической диагностики с различными методами диагностирования.

Введение

На первом этапе развития химической промышленности обеспечение эксплуатационной надежности или исправного технического состояния химико-технологического оборудования (ХТО) осуществлялось «до отказа».

Во второй половине прошлого столетия возникло, и успешно применяется до настоящего времени, другое направление обеспечения эксплуатационной надежности оборудования «по системе планово-предупредительных ремонтов» (ППР). Однако стратегия ППР имеет существенный недостаток, заключающийся в том, что она требует высоких затрат на проведение ремонтных работ.

Сегодня, в условиях рыночной экономики, становится очевидным, что необходимо переходить к более прогрессивной стратегии обеспечения эксплуатационной надежности ХТО «по его фактическому состоянию». Переход к этой стратегии вызывает необходимость обязательного создания систем технической диагностики (СТД) и информационных диагностических сетей (ИДС).

Ионов Михаил Викторович – аспирант кафедры «Автоматизированное проектирование технологического оборудования», e-mail: loki68@list.ru; Краснянский Михаил Николаевич – доктор технических наук, доцент кафедры «Автоматизированное проектирование технологического оборудования», e-mail: kras@tambov.ru, ТамбГТУ, г. Тамбов.

Практическая значимость применения СТД

Затраты	Экономия
<p>Предварительные исследования, выбор точек мониторинга, определение предельных значений.</p> <p>Создание единой базы отказов оборудования.</p> <p>Разработка автоматизированной СТД</p>	<p>Увеличение среднего времени между ремонтами (рост производительности и снижение затрат на техническое обслуживание).</p> <p>Фактическое устранение непредвиденных отказов (повышение надежности и производительности).</p> <p>Устранение излишнего расхода деталей (замена исправных деталей).</p> <p>Уменьшение объема запасных частей (выдача предупреждения о необходимости заказа запасных частей).</p> <p>Повышение безопасности (снижение вероятности непредвиденных отказов).</p> <p>Повышение производительности производственных процессов</p>

Вместе с тем, необходимо отметить, что проблемы создания СТД в научном плане изучены достаточно слабо. Хотя средства автоматизации контроля технического состояния оборудования появились достаточно давно, теоретическая база объективного анализа и эффективного синтеза СТД все еще недостаточна.

Применение систем оценки ХТО по его фактическому состоянию позволяет повысить эффективность производства за счет снижения времени простоев оборудования в ремонте, снизить себестоимость продукции за счет снижения затрат на ремонты и послеаварийное восстановление оборудования (таблица).

Кроме того, совмещение СТД со стратегией ППР позволяет перейти к стратегии управления техническим состоянием контролируемого оборудования по фактическому состоянию.

Разработка систем технической диагностики

При создании СТД ХТО необходимо решить вопросы по повышению надежности и оптимизации режима работы оборудования. Объекты контроля, которые с точки зрения надежности, имеют слабые узлы необходимо модернизировать или заменить, как и объекты, которые работают в неустойчивом диапазоне.

Одним из важных этапов разработки СТД являются работы по определению диагностических признаков, объем и информативность которых должны учитывать особенности принятых на стадии проектирования конструкторских и технологических решений, качество изготовления и монтажа, опыт эксплуатации объектов-прототипов и особенности условий эксплуатации объектов диагностики.

Диагностический признак (ДП) – это признак объекта диагностирования, используемый в установленном порядке для определения состояния

объекта. Для каждого типа системы определенного вида можно указать множество признаков, характеризующих ее состояние. Большинство ДП по своему назначению могут являться одновременно диагностическими и признаками функционального использования. Именно эти признаки чаще всего поддаются непосредственному измерению, и для них проще всего установить нормы и допуски, выход за пределы которых характеризует отказ или дефект в функционировании системы.

По мере сбора статистических данных перечень ДП должен уточняться и совершенствоваться решающие правила распознавания дефектов [1].

Следовательно, СТД должна являться обязательной составляющей в процессе эксплуатации оборудования. Обеспечение непрерывного эксплуатационного контроля оборудования, а также их вспомогательных систем является основой надежной работы технологического оборудования.

Основными задачами создания СТД являются:

- повышение качества принятых решений;
- фиксация превышения параметром установленного значения с выдачей соответствующего сигнала или команды;
- графическое отображение текущих параметров во времени;
- обоснование рекомендаций по устранению отклонений;
- определение причин возникновения ситуаций с выдачей ошибки;
- определение степени износа оборудования по данным измерений ряда косвенных параметров.

Одной из важных особенностей технической диагностики является распознавание неисправностей в условиях ограниченной информации, когда требуется руководствоваться определенными приемами и правилами для принятия обоснованного решения.

Состояние системы описывается совокупностью определяющих ее признаков (параметров). Разумеется, множество определяющих признаков может быть различным, в первую очередь, в связи с самой задачей распознавания.

Распознавание состояния системы – отнесение к одному из возможных диагнозов (классов). Число диагнозов зависит от особенностей задачи и целей исследования.

В большинстве задач технической диагностики диагнозы устанавливаются заранее, и в этих условиях задачу распознавания часто называют задачей классификации.

Совокупность последовательных действий в процессе распознавания называется алгоритмом распознавания. Существенной частью процесса распознавания является выбор ДП, описывающих состояние системы. Они должны быть достаточно информативны, чтобы при выбранном числе диагнозов процесс распознавания мог быть осуществлен.

В задачах диагностики состояние системы часто описывается с помощью комплекса признаков

$$K = (k_1, k_2, \dots, k_j, \dots, k_v), \quad (1)$$

где k_j – признак, относящийся к m_j состоянию.

В общем случае каждый экземпляр системы соответствует некоторой реализации комплекса признаков

$$K^* = (k_1^*, k_2^*, \dots, k_j^*, \dots, k_v^*). \quad (2)$$

Во многих алгоритмах распознавания удобно характеризовать систему признаками x_j , образующими v -мерный вектор или точку в v -мерном пространстве

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_v). \quad (3)$$

В большинстве случаев признаки x_j имеют непрерывное распределение.

В данном случае с помощью признака k_j получается дискретное описание, тогда как признак x_j дает непрерывное описание. При непрерывном описании требуется значительно бóльший объем предварительной информации, но описание получается более точным. Если известны статистические законы распределения признака, то необходимый объем предварительной информации сокращается.

Существуют два основных подхода к задаче распознавания: вероятностный и детерминированный. Постановка задачи при вероятностных методах распознавания формулируется следующим образом.

Имеется система, которая находится в одном из случайных состояний D_i . Известна совокупность признаков, каждый из которых с определенной вероятностью характеризует состояние системы. Требуется построить решающее правило, с помощью которого предъявленная (диагностируемая) совокупность признаков была бы отнесена к одному из возможных состояний (диагнозов). Желательно также оценить достоверность принятого решения и степень риска ошибочного решения.

При детерминированных методах распознавания удобно формулировать задачу на геометрическом языке.

Если система характеризуется v -мерным вектором X , то любое состояние системы представляет собой точку в v -мерном пространстве признаков. Предполагается, что диагноз D соответствует некоторой области рассматриваемого пространства признаков. Требуется найти решающее правило, в соответствии с которым предъявленный вектор X^* (диагностируемый объект) будет отнесен к определенной области диагноза. Таким образом, задача сводится к разделению пространства признаков на области диагнозов [2].

Вероятностный и детерминированный подходы не имеют принципиальных различий. Более общими являются вероятностные методы, но они часто требуют и значительно бóльшего объема предварительной информации. Детерминированные подходы более кратко описывают существенные стороны процесса распознавания, меньше зависят от избыточной, малоценной информации, больше соответствуют логике мышления человека.

Структура систем технической диагностики

Диагностирование сложных систем является неотъемлемой частью процессов их обслуживания. Поэтому ряд показателей, характеризующих надежность функционирования объектов и их отдельных составляющих, могут являться одновременно как показателями СТД, так и объекта диагностирования. С другой стороны, диагностирование объекта осуществляется СТД, а это в свою очередь также означает, что целый ряд признаков системы и объекта диагностирования трудно отделить друг от друга.

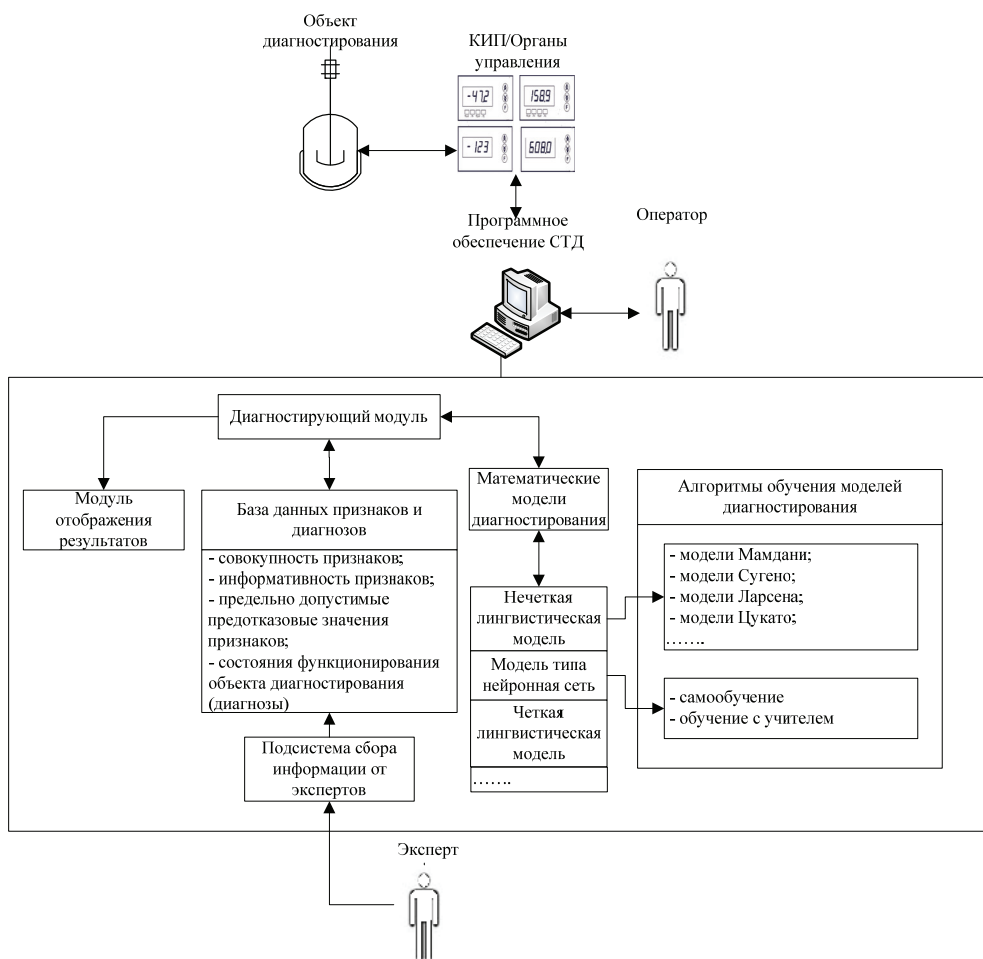
Потребность объекта в диагностировании определяется стратегией самого процесса эксплуатации и обслуживания, во время проведения которого осуществляется управление состоянием компонентов системы.

Составляющими СТД являются (рисунок):

- объект диагностирования (**ОД**), под которым понимают сам объект или его элементы, состояние которых подлежит идентификации;
- средства диагностирования – совокупность контрольно-измерительных приборов, органов управления, средств коммутации и сопряжения с **ОД**;
- программное обеспечение системы технической диагностики, обработки, передачи и хранения результатов для последующего прогнозирования поведения или состояния объекта. Система диагностирования работает в соответствии с алгоритмом диагностирования, который представляет совокупность предписаний о проведении диагностирования.

Программное обеспечение СТД в свою очередь включает:

- 1) диагностирующий модуль, который после определения текущего состояния оборудования с помощью решающих правил относит текущие состоянию к одному из множества диагнозов;
- 2) база данных признаков и диагнозов, содержащая сведения об информативности ДП, их предельно допустимые предотказовые значения и множество состояний (диагнозов) оборудования;
- 3) подсистема сбора информации от экспертов для пополнения и уточнения данных о ДП и множестве состояний функционирования химико-технологических систем (**ХТС**);
- 4) математические модели диагностирования (нечеткая лингвистическая модель, модель типа нейронная сеть и т.д.) для реализации диагностирования различными методами с последующим их сравнением;
- 5) алгоритмы обучения моделей диагностирования:
 - алгоритмы нечеткого вывода различаются главным образом видом используемых правил, логических операций и разновидностью метода дефазификации. На данный момент широкое распространение имеют модели нечеткого вывода: Мамдани, Сугено, Ларсена, Цукамото;
 - существуют два подхода к обучению нейронных сетей: обучение с учителем и самообучение. Обучение нейронной сети с учителем предполагает, что для каждого входного вектора из обучающего множества существует требуемое значение выходного вектора, называемого целевым.



Структура систем технической диагностики

Веса сети изменяют до тех пор, пока для каждого входного вектора не будет получен приемлемый уровень отклонения выходного вектора от целевого. При обучении нейронной сети без учителя, обучающее множество состоит лишь из входных векторов. Алгоритм обучения нейронной сети подстраивает веса сети так, чтобы получались согласованные выходные векторы, то есть чтобы предъявление достаточно близких входных векторов давало одинаковые выходы;

б) модуль отображения результатов.

Условия диагностирования включают: диагностические параметры и их предельно допустимые предотказовые значения; периодичность диагностирования объекта и эксплуатационные параметры применяемых КИП; режим диагностирования и контроля.

Основные свойства, характеризующие объект диагностирования как систему, объединяются качеством целевого функционирования.

Диагностируемость объекта характеризуется совокупностью параметров, их допусков и производных, определяющих виды состояния всей

структуры системы. Важнейшим показателем диагностируемости является совокупность ДП для контроля работоспособности.

Характеристикой функционального отказа является выход за пределы допуска ДП. Решение о работоспособном состоянии объекта принимается на основе измерения совокупности ДП, причем эта совокупность тем больше, чем сложнее система.

Определение состояния на основе оценки совокупности ДП оказывается сложной научно-технической задачей, включающей следующие операции: выбор совокупности ДП, выбор допусков на каждый ДП, измерение текущих значений параметров и другие рассмотренные операции, включая прогнозирование. В случае, если значения диагностических параметров не поддаются непосредственному измерению, они могут быть найдены путем обработки других параметров, связанных с искомыми прямыми функциональными зависимостями.

Для каждого объекта необходимо иметь перечень признаков, позволяющих выявить основные возможные допустимые состояния, характеризующие нормальное функционирование или потерю работоспособности. В ряде случаев часть параметров системы, которая не может быть проконтролирована «визуально», должна контролироваться с помощью специальных средств диагностики и контроля. Оптимизация всей совокупности параметров при контроле функционирования, как правило, не производится, но при необходимости она осуществляется теми же методами, которыми осуществляется выбор совокупности ДП для контроля работоспособности системы.

Выводы

Для диагностирования состояния функционирования ХТС по фактическому состоянию необходимо:

- разработать СТД на примере предложенной выше структуры;
- разработать и в дальнейшем сравнить модели диагностирования;
- создать базы данных по учету статистики проведения диагностирования и результатов измерения параметров оборудования.

Кроме выполнения учетных функций, подобная система может обеспечить прогнозирование технического состояния оборудования. При реализации прогнозирования состояния функционирования оборудования в эксплуатации возможен переход от системы технического обслуживания по наработке (пробегу, времени) к обслуживанию по реальному техническому состоянию. Такой переход может дать значительный экономический эффект за счет ликвидации ненужных ремонтных работ и формирования объема технического обслуживания индивидуально по результатам диагностического обследования.

Работа выполнялась в рамках государственного контракта № 02.740.11.0624 Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 гг.».

Список литературы

1. Андрейчиков, А.В. Интеллектуальные информационные системы / А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. – М. : Финансы и статистика, 2006. – 424 с.
2. Аралбаев, Т.З. Построение адаптивных систем мониторинга и диагностирования сложных промышленных объектов на основе принципов самоорганизации / Т.З. Аралбаев. – Уфа : Гилем, 2003. – 238 с.
3. Байхельт, Ф. Надежность и техническое обслуживание. Математический подход : пер с нем. / Ф. Байхельт, П. Франкен. – М. : Радио и связь, 1988. – 92 с.

Automated Systems of Technical Diagnostics of Chemical Process Equipment

M.V. Ionov, M.N. Krasnyansky

Tambov State Technical University, Tambov

Key words and phrases: diagnostic status; diagnostic features; the object of diagnosing; preventive maintenance; system of technical diagnostics.

Abstract: The variety of options for implementing the various systems of technical diagnostics of process equipment as a whole gives rise to a class of non-trivial scientific problems whose solution is necessary. In this paper, the designed structure of the system of technical diagnostics with various methods of diagnosing has been submitted for consideration.

© М.В. Ионов, М.Н. Краснянский, 2012