

УДК 621.355.1

**С.Ф. ЖУКОВ** (д-р техн.наук, проф.), **А.И. ВАЖИНСКИЙ**  
Донецкий национальный технический университет  
center@quantum.com.ua

## **ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА, КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

The new approach to the solution of the problem of evaluation of technical condition of electrotechnical complex for the system of control of the processes of preparing materials for metallurgical processes is shown; the models, hardware and software programs for the realization of the system of evaluation of risks and failure situation are considered. Besides, the approaches for setting-up models of expenses for preventive measures, which are created for increasing the reliability of components of electrotechnical complexes of control systems are determined.

Основная задача технической диагностики – получение информации о техническом состоянии объекта. Для этого проводят измерение и анализ диагностических параметров. С развитием данного направления и появлением ряда новых технологий были созданы приборы и методы, позволяющие оперативно контролировать различные диагностические параметры. К ним относятся шум, температура, вибрация, результаты визуального осмотра оборудования. Современное производство характеризуется повышением требований к безотказности металлургических машин и одновременным снижением затрат на проведение ремонтов и ликвидацию аварийных отказов. Поэтому ремонтные службы предприятий стремятся перейти от проведения ремонтов оборудования по нормативу к техническому обслуживанию по состоянию. Так как аварийные простои цехов влекут за собой огромные финансовые потери, а при проведении ремонтов по нормативу детали механизмов часто не вырабатывают полностью свой ресурс, то предложенный вид обслуживания является наиболее рациональным. Однако он предполагает своевременное получение и обработку данных о текущем фактическом состоянии оборудования.

Достоверность полученной информации зависит не только от качества измерения параметра, а в большей степени от качества анализа, выполненного на основании диагностической модели. Основной целью данной модели является определение сроков отказа оборудования, на основании которых назначаются сроки проведения ремонтов. Проблема заключается в том, что металлургическое оборудование имеет различные конструкции, условия и режимы работы. Поэтому, на данный момент, не существует единого методологического подхода к решению данной задачи, который можно было бы применить ко всем механизмам.

Центральным объектом исследования является электротехнический комплекс системы управления дозированием материала металлургического производства.

Цель данной работы – разработать единую методику, позволяющую на основании множества получаемых диагностических параметров судить о текущем техническом состоянии технологического оборудования, достигнуть повышения как культуры производства, так и качества производимой продукции. Снижение затрат приводит к уменьшению себестоимости, за счет сокращения числа аварийных сбоев в различных частях электротехнического комплекса системы управления агломерационным производством.

Существенную часть производственных издержек современного предприятия составляют расходы, связанные с внеплановым простоем из-за отказов оборудования. Нередко краткосрочная остановка производства ведёт к значительному материальному ущербу, а зачастую просто недопустима. Быстрый поиск причин неисправности затрудняется сложностью современных производственных комплексов.

Под отказом в теории надёжности понимается событие, состоящее в нарушении работоспособности объекта. Различают два вида отказов – внезапные и постепенные. Наступлению постепенного отказа предшествует изменение одного или нескольких параметров, характеризующих способность объекта выполнять свои функции. Если такое изменение (признак отказа) вовремя обнаружить и идентифицировать, можно предотвратить наступление отказа или принять меры по устранению его последствий.

Методы обнаружения признаков отказа рассмотрены в работах М. Атанса, А. Вилски[1], Дж. Гертлера, П. Франка, М. Крамера[2], М. Бассевила, И.А. Ушакова[3] и других. К недостаткам существующих методов относятся: использование аналитических моделей, которые построены не для всех промышленных систем; невозможность обнаружения и обработки кратковременных нарушений нормальной работы; трудности применения в системах реального времени из-за использования сложных вычислительных процедур.

Эксперименты по обнаружению отказов не всегда возможно проводить непосредственно на производстве, так как в этом случае эксперименты будут слишком дороги и опасны. Поэтому для испытания создаваемого метода обнаружения признаков отказа необходимо построение модели отказов технологического оборудования.

При решении задачи минимизации времени и количества простоев важно не только прогнозировать возможные отказы, но и своевременно проводить профилактический ремонт оборудования для сокращения числа отказов. При этом необходимо учитывать параметры надёжности оборудования, в том числе вероятность безотказной работы.

В качестве математической модели функционирования оборудования можно использовать наработку на отказ и среднее время восстановления, что позволяет охарактеризовать безотказность, долговечность и ремонтпригодность оборудования. Однако, в предложенной модели отсутствует комплексный параметр надёжности, в некоторых случаях это является ее недостатком. В качестве комплексного параметра предложено использовать вероятности работы и восстановления оборудования от отказа. Ядром системы оценки рисков аварийных ситуаций, является нечеткая экспертная система (рис. 1).

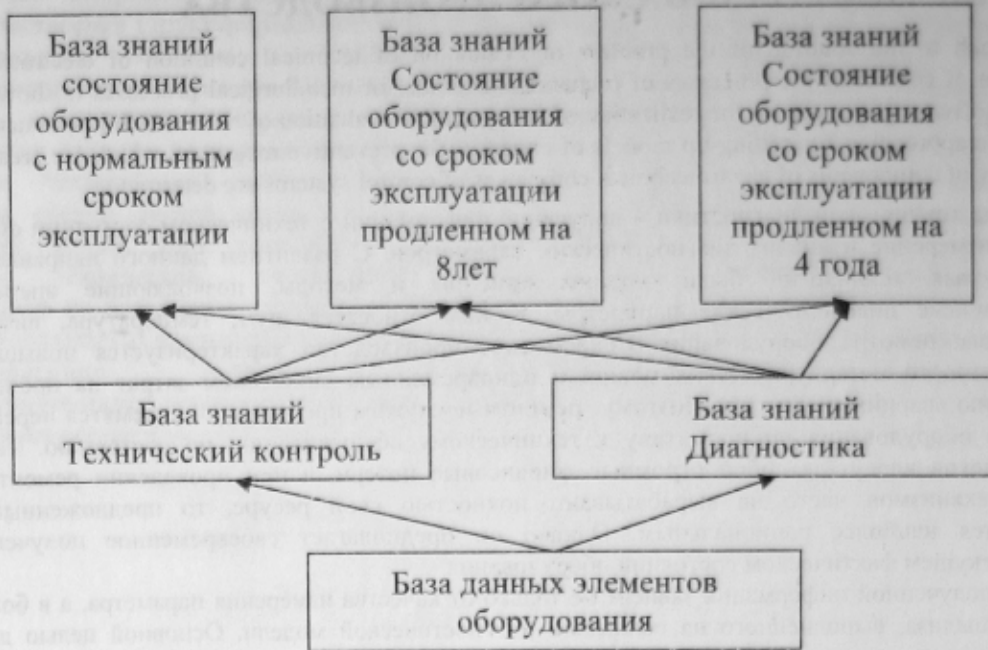


Рисунок 1 - Нечеткая экспертная система оценки аварийных ситуаций

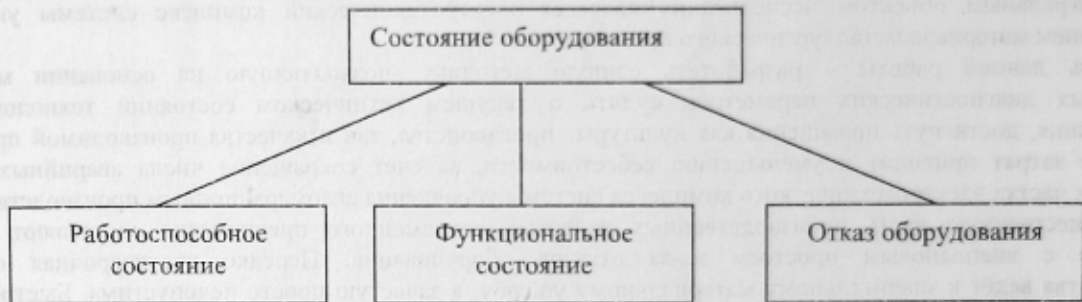


Рисунок 2 - Возможные состояния оборудования системы управления

Различают следующие состояния оборудования (см. рис. 2):

- исправное состояние, при котором исследуемый агрегат соответствует всем требованиям, установленным нормативно-технической документацией;
- работоспособное состояние, при котором исследуемый агрегат способен выполнять заданные функции в пределах, установленных нормативно-технической документацией. Проверку работоспособности исследуемого агрегата осуществляют при вводе его в эксплуатацию после монтажа или ремонта, а также при эксплуатации, ее объем может быть менее полным, чем при проверке исправности, в результате чего могут остаться необнаруженными дефекты, не препятствующие исполнению функционального назначения;
- функциональное состояние исследуемого агрегата, при котором он выполняет в текущий момент времени предписанные ему алгоритмы функционирования. Объем проверки менее полон, чем при проверке работоспособности, т.к. она позволяет лишь убедиться в том, что исследуемый агрегат правильно функционирует в данном режиме работы в данный момент времени;



• предельное (аварийное) состояние исследуемого агрегата или отказ, при котором его дальнейшая эксплуатация невозможна вследствие выхода его параметров за допустимые пределы.

Совокупность технических параметров оборудования, характеризующих возможное отклонение функционирования оборудования от нормального, определяет его техническое состояние в текущий момент времени. Поиск дефектов и неисправностей, повлекших такое отклонение - главная задача диагностики технического состояния оборудования.

Для правильного диагностирования состояние оборудования разбивают на некоторое конечное число классов, подлежащих распознаванию. Число классов может определяться, например, количественной мерой контролируемых параметров работы оборудования, с одной стороны, и числом возможных отказов (неисправностей), с другой.

Таким образом, процесс диагностирования можно разделить на несколько этапов:

1. Установление принадлежности части электротехнического комплекса к одному из классов. Этот этап, по сути, есть определение работоспособности.

2. Установление состояния агрегата, т.е. проведение анализа характера изменения его работоспособности и перехода в предельное состояние.

3. Определение на каком из предельных состояний находится оборудование системы управления (поиск диагностических признаков состояния объекта).

В большинстве ситуаций распознавание технического состояния оборудования осуществляется в условиях ограниченной информации при большом уровне помех, источником которых являются: несоблюдение постоянства внешних условий, неполнота описания классов состояний, неопределенность границ между классами состояний и соответствующих им классов диагностических признаков. Совокупность последовательных действий при постановке диагноза называется алгоритмом диагностирования.

Алгоритм диагностирования опирается на диагностическую модель, которая устанавливает связь между состояниями агрегата и их отображениями в пространстве диагностических признаков.

Алгоритмы диагностирования включают формирование системы информативных диагностических признаков, построение эталонных изображений для каждого класса технических состояний и разработку правил принятия принадлежности к тому или иному классу состояний.

На рис. 3 представлены характерные стадии развития дефекта (отказа)

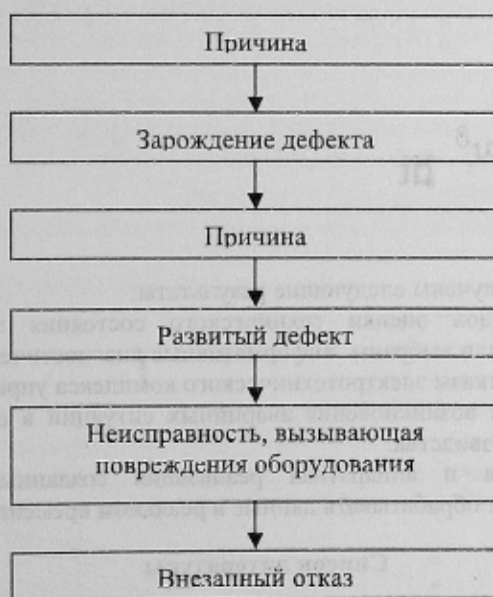


Рисунок 3 - Стадии развития отказа оборудования

Важным шагом в любом методе диагностики отказов является построение математической модели, дающей адекватную информацию о функционировании системы. Диагностирование неисправностей системы при помощи детерминистических методов распознавания дефектов эффективно при наличии математической модели ее функционирования. Эти модели в большинстве случаев можно анализировать лишь численными методами, что накладывает ограничение на их использование в реальном времени при поиске неисправностей и управлении технической системой. В этих случаях обычно используют экспертов, то есть происходит вмешательство человека в процесс диагностирования и управления технической системой. Если детерминистические знания недоступны или математическое моделирование требует больших затрат расчетного времени, либо не обеспечивает требуемой точности, а для современной техники это становится практически нормой, то могут быть использованы другие методы. Качество функционирования, направленных

на осуществление технического обслуживания и предупреждение отказов оборудования, зависит от методов обработки данных о работе объектов диагностики. Совокупность технических параметров оборудования, характеризующих возможное отклонение функционирования оборудования от нормального, определяет его техническое состояние в текущий момент времени. Поиск дефектов и неисправностей, повлекших такое отклонение - главная задача диагностики технического состояния оборудования. Совокупность последовательных действий при постановке диагноза называется алгоритмом диагностирования.

Для реализации оценки состояния оборудования реализуется сбор информации в соответствии с формой, представленной в табл. 1

Таблица 1 - Статистическая оценка состояния оборудования

Объект	Параметр				
	дата возникновения отказа или неисправности	общая наработка объекта	условия эксплуатации и вид работы	признаки и характер появления отказа	принятые меры по предупреждению возникновения отказов

Сбор информации и заполнение первичной документации о надежности проводятся в обычных условиях обслуживающим персоналом, а при опытной и подконтрольной эксплуатации - дежурным персоналом. Благодаря интеграции диагностического модуля в систему автоматизации информация о техническом состоянии оборудования поступает и модулей АСУ нижнего уровня.

На основе данных определяем:

вероятность безотказной работы:

$$P(t) = 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_t} \int_0^t e^{-\frac{(t-m_t)^2}{2\sigma_t^2}} dt \quad (1)$$

интенсивность отказов - по формуле:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)} \quad (2)$$

среднюю наработку до отказа:

$$T_1 = \int_0^{\infty} P(t) dt = \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} dt \quad (3)$$

В ходе исследований были получены следующие результаты:

1. С использованием методов оценки технического состояния электротехнических комплексов металлургического оборудования были выбраны информативные диагностические параметры.
2. Определены характерные отказы электротехнического комплекса управления дозированием материала.
3. Построены модели оценки возникновения аварийных ситуаций в системах управления подготовки материалов металлургического производства.
4. Определена программная и аппаратная реализация созданных методов с использованием вычислительных схем, позволяющих обрабатывать данные в реальном времени.

#### Список литературы

1. Бассвиль М. Обнаружение изменения свойств сигналов и динамических систем. / Бассвиль М., Вилски А., Банвенист А. и др. - М.: Мир, 1989.
2. Айден К. Аппаратные средства РС: Пер. с нем. / Айден К., Фибельман Х., Крамер М.- СПб.: BHV-Санкт-Петербург, 1996. - 544с.
3. Ушаков И.А. Надежность технических систем / Ушаков И.А. - М.: Радио и связь, 1985. - 608с.

Надійшла до редколегії 11.05.2009

Рецензент: В.Ф. Сивокобиленко

С.Ф. ЖУКОВ, А.И. ВАЖИНСКИЙ

Донецкий национальный технический университет

С.Ф. ЖУКОВ, О.І. ВАЖИНСЬКИЙ

Донецький національний технічний університет

**Техническая диагностика, как средство повышения надежности электротехнического комплекса металлургического производства.** В статье излагается подход к решению проблемы оценки технического состояния электротехнического комплекса системы управления процессами подготовки материалов металлургических процессов, рассматриваются модели, аппаратная и программная реализация системы оценки рисков возникновения аварийных ситуаций. Кроме того, определены подходы к построению модели затрат на превентивные мероприятия, которые направлены на повышение надежности компонентов электротехнических комплексов систем управления.

**Техническая диагностика, средство, повышение надежности, электротехнический комплекс, металлургическое производство**

**Технічне діагностування, як спосіб підвищення надійності електротехнічного комплексу металургійного виробництва.** У статті висловлюється підхід до вирішення проблеми оцінки технічного стану електротехнічного комплексу системи управління процесами підготовки матеріалів металургійних процесів, розглядаються моделі, апаратна і програмна реалізація системи оцінки ризиків виникнення аварійних ситуацій. Крім того, визначені підходи до побудови моделі витрат на превентивні заходи, які направлені на підвищення надійності компонентів електротехнічних комплексів систем управління.

**Технічне діагностування, засіб, підвищення надійності, електротехнічний комплекс, металургійне виробництво**