

*Балбукова Елена Викторовна*¹,
аспирант;

*Плоткина Ульяна Ивановна*²,
канд. экон. наук, доцент, доцент СПбПУ

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РЕМОНТАМИ ПРЕДПРИЯТИЯ

¹ ФИЦ КНЦ РАН ИИММ, Апатиты, Россия,
¹ evbalbukova@gmail.com

² Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия,
² uplotkina@spbstu.ru

Аннотация. В настоящее время на современных тепловых электростанциях ремонтные работы проводятся в заранее установленные сроки на основании нормативно-технических документов без учета текущего технического состояния. Такой подход позволяет предупредить аварийные ситуации, однако способствует малоэффективному планированию материально-технических ресурсов и увеличению финансовых вложений. При этом автоматизированные системы управления технологическими процессами позволяют вести мониторинг эпизодических отклонений эксплуатационных параметров от номинальных значений. С целью создания информационной системы управления ремонтами в статье предложены структура задачи и алгоритм распознавания текущего состояния основного оборудования ТЭС. Рассмотрено использование граничных условий для идентификации технического состояния.

Ключевые слова: алгоритмические структуры, структура задачи распознавания, логические выражения, граничные условия, поддержка принятия решения.

*Elena V. Balbukova*¹,
Graduate Student;

*Ulyana I. Plotkina*²,
Associate Professor, Candidate of Economic Sciences

ALGORITHM FOR DETERMINING THE TECHNICAL CONDITION OF HEAT AND POWER ENGINEERING EQUIPMENT FOR MANAGING REPAIRS OF THE COMPANY

¹ Institute of Informatics and Mathematical Modeling of the Kola
Science Center RAS, Apatity, Russia, ¹ evbalbukova@gmail.com

² Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia,
² uplotkina@spbstu.ru

Abstract. Currently, modern thermal power plants repair work is carried out in a predetermined time on the basis of regulatory and technical documents without taking into account the current technical condition. This approach allows you to prevent emergencies, but contributes to ineffective planning of material and technical resources and increase financial investment. At the same time, automated process control systems allow monitoring of episodic deviations of operational parameters from nominal values. In order to create an information system for repair management in the article, the structure of the problem and the algorithm for recognizing the current state of the main equipment of TPPs are proposed. The use of boundary conditions for identifying the technical condition is considered.

Keywords: algorithmic structures, recognition task structure, logical expressions, boundary conditions, decision support.

В данной статье основные понятия и определения физико-химических процессов и диагностики оборудования следуют из [1, 7], методы, модели и алгоритмы оценки технического состояния представлены в работах [3, 8]. Энергетическое оборудование в процессе работы подвергается комплексному воздействию различных факторов, которые с течением времени сокращают назначенный ресурс [2]. Для определения состояния технических устройств на тепловых электростанциях регламентированы мероприятия по контролю металла, техническому диагностированию, экспертизе промышленной безопасности и гидравлическим испытаниям. Проведение исследований осуществляется на остановленном оборудовании, что ограничивает возможность прогнозировать техническое состояние на основе текущих данных мониторинга. Отклонение параметров эксплуатации от номинальных значений приводит к интенсификации процессов износа и уменьшению остаточного ресурса. При планировании ремонтов не учитываются элементы, которые находились в ненормативных условиях эксплуатации и которым требуется техническое обслуживание или ремонт. Для максимального продления срока службы требуется ранжировать элементы по априорной информации и планировать дату начала проведения профилактических работ в соответствии с текущим техническим состоянием. Из этого следует, что необходимо создание средств информационно-аналитической поддержки управления ремонтами, которые будут анализировать данные мониторинга и прогнозировать остаточный ресурс. В качестве объекта исследования выбран энергетический котел, как один из ключевых узлов тепловой электростанции.

В процессе эксплуатации котла протекают различные физико-химические процессы такие как: термические напряжения, плавление металла, образование накипи, коррозия, которые имеют отличную природу развития дефекта. Анализ причин отказов функциональных узлов объекта показал, что на уменьшение срока службы влияет: превышение темпе-

ратуры и давления, резкое увеличение температуры и давления, отложение солей, останов котла без консервации. При построении информационной системы необходимо учитывать технологические защиты и средства контроля, установленные на станциях. При выборе контролируемых параметров следует избегать включения нескольких коррелирующих признаков, поскольку они дублируют информацию и не повышают точность прогнозирования. В зависимости от установленных датчиков, контролируемые параметры могут быть измеряемыми напрямую или косвенно, порождая множество измеряемых параметров. Постановку задачи определения технического состояния котла можно представить в виде общей схемы (рис. 1) [5, 6]:

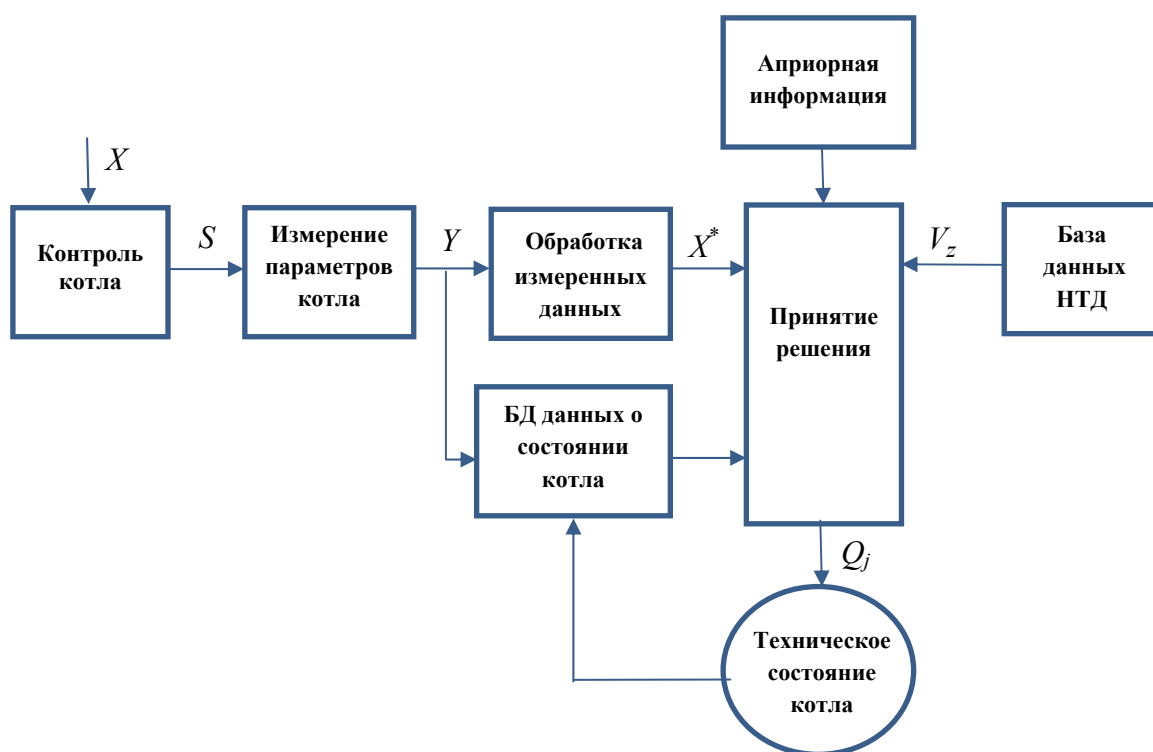


Рис. 1. Структура задачи распознавания текущего состояния котла:

X – множество контролируемых параметров, S – множество измеряемых параметров, Y – множество результатов измерения, X^* – множество восстановленных контролируемых параметров, V_z – набор множеств ограничений на контролируемые параметры для каждого технического состояния, Q_j – одно из возможных технических состояний котла

Состояние котла можно определить на основе множеств:

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_{N_x}), \quad (1)$$

$$S = (s_1, s_2, \dots, s_{N_s}), \quad (2)$$

$$Y = (y_1, y_2, \dots, y_{N_y}), \quad (3)$$

$$X^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_{N_x}^*), \quad (4)$$

$$V_z = \{V_{11}, V_{12}, \dots, V_{ij}\}, \quad (5)$$

$$\{Q_1, Q_2, \dots, Q_j\}. \quad (6)$$

где N_x – количество контролируемых параметров; N_s – количество измерений ($N_x \neq N_s$); N_y – количество результатов ($N_s = N_y$), при этом $x_i^* = f(y_i)$ или $x_i^* = (f(y_{i_1}), f(y_{i_2}), \dots, f(y_{i_m}))$; N_x^* – количество восстановленных контролируемых параметров; ij – номер ограничения для i -го контролируемого параметра, находящегося в j -м состоянии, Q_j – возможное техническое состояние.

Априорная информация определяется по формуле алгебры логики [4]:

$$if(V^{Q_j}) \text{ then}(Q_j) \text{ else}(notQ_j), \quad (7)$$

где V^{Q_j} – логическое выражение, включающее набор отношений значений наблюдаемых/измеряемых при работе котла параметров x_i^* со значениями параметра $x_i^{Q_j}$, соответствующими состоянию Q_j .

Для большей селективности и упрощения процедуры распознавания технического состояния представим восстановленные контролируемые параметры X^* в виде множества диагностических признаков [6, 9]:

$$k_i = (k_1, k_2, \dots, k_{N_x}), \quad (8)$$

где k_i – диагностический признак, который определяется на основании функции: $k_i = f(x_i^*)$.

Определение технического состояния можно задать с помощью системы граничных условий по верхнему x_{max} и нижнему x_{min} уровням контролируемого параметра x_i^* [6, 9]:

$$k_i = f(x_i^*) = \begin{cases} k_{i1}, x_i^* < x_{min+} \\ k_{i2}, x_{min} < x_i^* \leq x_{min+} \\ k_{i3}, x_{min} \leq x_i^* \leq x_{max} \\ k_{i4}, x_{max} < x_i^* \leq x_{max+} \\ k_{i5}, x_i^* > x_{max+} \end{cases}, \quad (9)$$

где $x_{min} \leq x_i^* \leq x_{max}$ – нормальный режим работы,

$x_{min} < x_i^* \leq x_{min+}$, $x_{max} < x_i^* \leq x_{max+}$ – предкритический режим работы,

$x_i^* < x_{min+}$, $x_i^* > x_{max+}$ – критический режим работы.

Для идентификации состояния котла приведен алгоритм распознавания текущего технического состояния (рис. 2) [8].

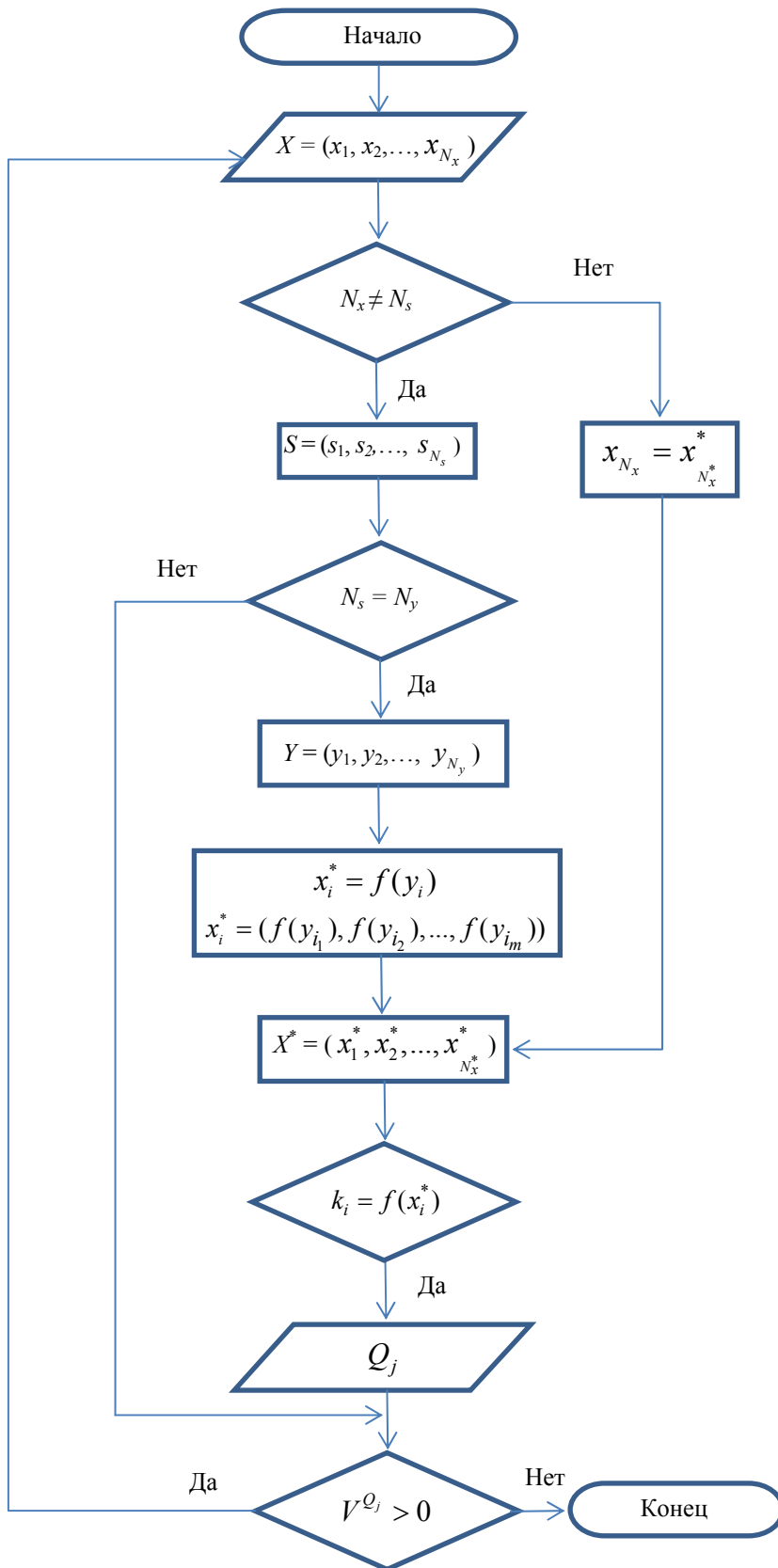


Рис. 2. Алгоритм определения технического состояния котла

На основании диагностических признаков k_i , множества ограниченных $V_z = \{V_{11}, V_{12}, \dots, V_{ij}\}$, априорной информации об объекте V^{Q_j} и базы данных предыдущих состояний котла принимается решение, в каком состоянии Q_j находится котел в данный момент времени.

С целью повышения эффективности производства электроэнергии и мощности и обеспечения надежности тепловых электростанций необходимо переходить от традиционных методов планирования ремонтов к информационно-аналитическим системам управления ремонтами.

Описанный в данной статье подход распознавания технического состояния энергетического оборудования с использованием комплексной модели прогнозирования остаточного ресурса обеспечит создание новой стратегии управления ремонтами. Автоматизация процесса анализа распределения экономических ресурсов позволит рационально формировать бюджет предприятия.

Список литературы

1. Белкин А.П., Степанов О.А. Диагностика теплоэнергетического оборудования: Учебное пособие. 3-е изд., стер. СПб.: Издательство «Лань», 2018. 240 с.
2. Беляев С.А., Литвак В.В., Солод С.С. Надежность теплоэнергетического оборудования ТЭС: Учебное пособие для вузов. Томск: НТЛ, 2008. 218 с.
3. Богуслаев А.В., Олейник Ал.А., Олейник Ан.А., Павленко Д.В., Субботин С.А. Прогрессивные технологии моделирования, оптимизации и интеллектуальной автоматизации этапов жизненного цикла авиационных двигателей: Монография / Под ред. Д.В. Павленко, С.А. Субботина. Запорожье: ОАО «Мотор Сич», 2009. 468 с.
4. Грабчак Е.П. Цифровая трансформация электроэнергетики. М.: ИПР РАН, 2018. 340 с.
5. Грибков, А.М. Системы диагностирования элементов ТЭС: Учебное пособие для вузов. 2-е изд., пересм. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2017. 138 с.
6. Дмитриенко А.Г., Блинов А.В., Волков Д.В., Волков В.С. Техническая диагностика. Оценка состояния и прогнозирования остаточного ресурса технически сложных объектов: Учебное пособие для вузов / Под. ред. Д.И. Нефедьева, Б.В. Цыпина. Пенза, 2013. 65 с.
7. Липов Ю.М., Третьяков Ю.М. Котельные установки и парогенераторы. М. – Ижевск: НИЦ «Регуляторная и хаотическая динамика», 2003. 592 с.
8. Селезнев В.Е., Алешин В.В., Прялов С.Н. Математическое моделирование трубопроводных сетей и систем каналов: методы, модели и алгоритмы: Монография. М. – Берлин: Директ-Медиа, 2014. 694 с.
9. Острейковский В.А. Теория надежности: Учебник для вузов. 2-е изд., испр. М.: Высшая школа, 2008. 463 с.