

УДК 620.9:662.6:004.8

ЭКСПЕРТНАЯ ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ АНАЛИЗА И СЛЕЖЕНИЯ ЗА ИЗМЕНЕНИЕМ СОСТОЯНИЯ ТУРБОЭНЕРГОУСТАНОВОК

Г.Д. Крохин

Новосибирский государственный университет
экономики и управления «НИНХ»
E-mail: g.d.krokhin@nsuem.ru

В статье представлена концепция «мягкой» эксплуатации энергоустановок, построенная на основе математических моделей идентификации дефектных состояний. Оптимизация состояний при выборе наилучшего из наихудших режимов, принятие управляющих решений и прогнозирование повышения эффективности использования энергоустановок, включая техническое обслуживание, – составляют основу новой концепции, целью которой является увеличение времени эксплуатации при минимизации расходов на техническое обслуживание.

Ключевые слова: «мягкая», эксплуатация, идентификация состояния, техническое обслуживание, интеллектуальная система, турбоустановка.

EXPERT DIAGNOSTIC MONITORING SYSTEM OF TURBINE POWER PLANTS CONDITION

G.D. Krokhin

Novosibirsk State University of Economics and Management
E-mail: g.d.krokhin@nsuem.ru

The article presents the concept of «soft» operation of power plants, based on mathematic models of defect state identification. Optimization of states at selection of the best and worst regimes, management decision taking and forecasting of increase of efficiency of power plants use, including maintenance – form the basis of the new concept aimed at the increase of operating time at the minimization of maintenance costs.

Key words: «soft», operation, state identification, maintenance, intelligent system, turbine plant.

Введение

Разрабатываемая система контроля, анализа и слежения (СКАИС) представляет собой комплекс прикладных задач (задачи и программы – 100 п/п), решение которых в темпе слежения за состоянием энергетического оборудования (паротурбинного и газотурбинного) позволяет выполнять полный мониторинг состояния энергоустановки, диагностировать причины снижения экономичности и надежности, определять величину и опасность происшедших изменений и оценить степень риска от продолжения дальнейшей эксплуатации.

Для системы СКАИС проектируется интеллектуальная информационная система, предназначенная для сбора информации с энергетического объекта, обработки и подготовки ее к передаче в цифровом виде в ПЭВМ типа IBM PC/AT. Для выполнения данного проекта представляется техническое задание для Генпроектировщика.

Представлено головное меню разработанной для СКАИС базы данных и знаний, перечень решаемых при наличии информации задач и примеры решения [1, 2].

Общее время, необходимое на доработку, отладку и адаптацию программ к условиям объекта и внедрение на пилотном агрегате составляет 1,5–2,0 года.

Данный комплекс может быть использован также в условиях АСУ ТП ГТУ ЭС (газотурбинных электростанций) в качестве самостоятельной подсистемы диагностики.

В процессе подготовки исходных данных и отладки каждой из проблемных задач результаты решения на ПЭВМ обсуждаются и согласуются с персоналом ГТУ ЭС.

При этом Разработчик осуществляет авторский надзор и сопровождение в течение 6 месяцев после внедрения задач и системы в целом.

Предполагается расширение круга решаемых задач и создание экспертной системы с наполнением базы данных и знаний по договоренности с заказчиком.

Решаемые проблемы и задачи

В процессе работы СКАИС решает следующие задачи:

обработки данных экспресс-испытаний оборудования; диагностирования причин снижения экономичности агрегата при различных режимах работы в целом и по отдельным узлам (с использованием термодинамического и интеллектуального анализа состояния агрегата); выдачи рекомендаций на устранение обнаруженных дефектов, в виде готовых продуктов; принятия решений на ремонт или ограничение в режиме работы; оценки риска эксплуатации оборудования при данном состоянии и его готовности; накопления знаний о состоянии оборудования в базе данных и знаний; повышения коэффициента готовности и долговечности оборудования.

Режимы работы СКАИС [2]:

- настройка на режим оборудования по его состоянию (введением матрицы признаков режимов);
- первичная обработка информации (по выборке) с отбраковкой показателей, не вошедших в заданный диапазон измерения, но с их последующим анализом;
- подготовка и ввод исходных массивов данных для решения заданных задач;
- настройка на решаемую задачу;
- обработка информации, получаемой в процессе экспресс-испытаний на турбоустановке;
- термодинамический анализ состояния процесса;
- диагноз состояния;
- выдача рекомендаций в виде готовых продуктов;
- накопление интеллектуальных знаний о состоянии;
- расчет технико-экономических показателей;
- паспортизация оборудования по изменению его состояния;
- выдача рекомендаций по диагнозу состояния;
- обращение к инструкциям по эксплуатации и режимным картам работы оборудования;

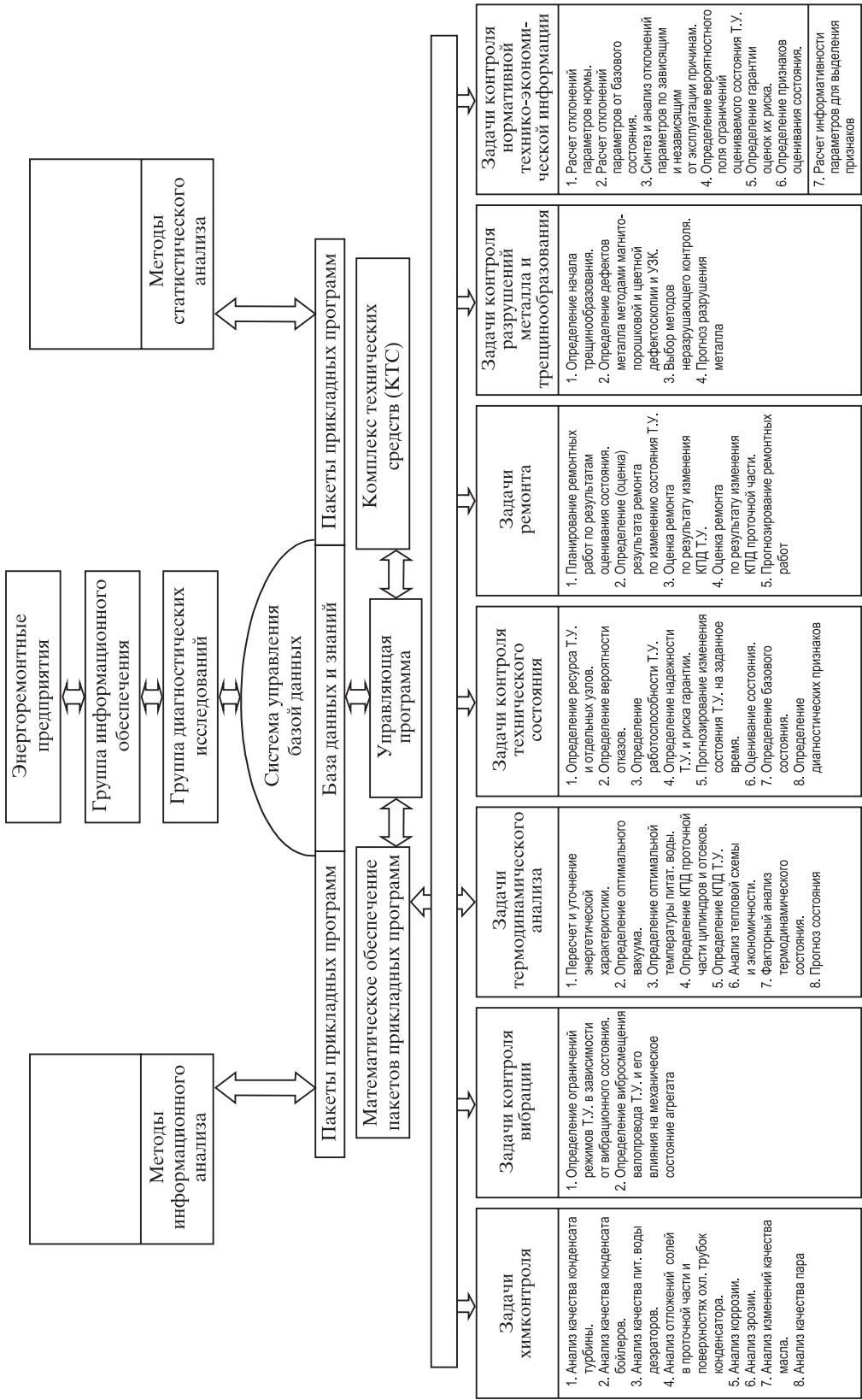


Рис. 1. Модульная схема решаемых задач «исследование состояния энергетических установок»

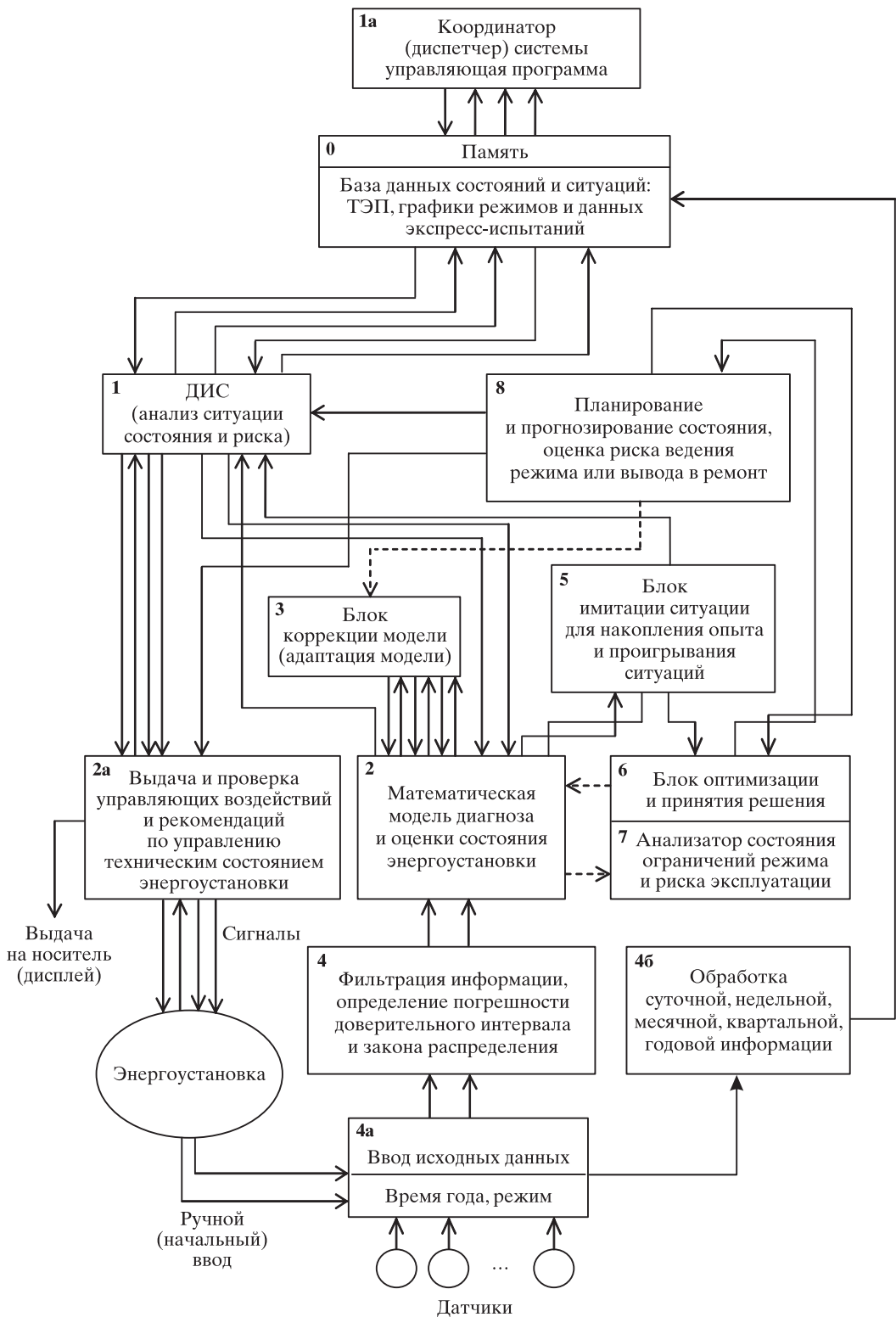


Рис. 2. SKAIS – подсистема диагностики состояния энергоустановки в контуре управления электростанции

- обращение к справочным данным, содержащимся в базе данных и знаний;
- введение в комплекс новых или корректировка действующих, прикладных программ;
- вывод результатов решаемых задач (промежуточных и конечных) на экран монитора и печать;
- прямой доступ через спецменю к любым разделам (задачам) комплекса с выдачей рекомендаций оператору (рис. 1, 2).

Особенности интеллектуальной информационной системы

Ее функции следующие:

1. Первичная обработка информации (по выборке) с отбраковкой показателей, не вошедших в заданный диапазон измерения, но с их последующим анализом.
2. Подготовка и ввод исходных массивов данных (представленных в виде векторов матрицы для заданного режима) для решения требуемых оператором задач, включая диагностику и контроль информационного канала.
3. Настройка на решаемую задачу (введением матрицы признаков режимов).
4. Обработка информации, получаемой в процессе экспресс-испытаний на турбоустановке.

В реальных условиях оценки эффективности энергоустановок ТЭС, выполняемой на основе диагностики их состояния с целью определения готовности к работе и увеличения продолжительности эксплуатации, анализа дефектов, распознавания и предупреждения неисправностей, необходимо использовать и перерабатывать самую разнообразную информацию. Значительная часть этой информации может быть очень низкого качества, т.е. неопределенной, заданной неоднозначно, нечетко, неполно.

Неопределенность такой информации обусловлена существенными погрешностями измеренных значений параметров, неизбежными и значительными погрешностями оценок состояния, погрешностями принятых решений. При этом уровень получаемой неопределенности для разной информации будет различен, а также зависим от условий работы энергоустановки.

Информационная база состоит из постоянной и оперативной информации. Для решения перечисленных задач, подготовленных в ПО SKAIS, используется информация, снимаемая от штатных датчиков энергоустановки (ГТУ или ПТУ), а также ограниченного количества дополнительных приборов для контроля изменения состояния агрегатов по признакам.

Постоянная информация (коэффициенты уравнений математических моделей, эмпирические константы, номинальные значения технологических параметров, область газодинамических параметров состояния рабочего тела – на входе и выходе компрессора, на входе и выходе газовой турбины (ПТУ, ГТУ), величина виброскорости шеек ротора и корпусов подшипников соответственно по составляющим их конструкции) располагается в виде отдельных массивов в базе данных.

Оперативная информация – информация, собираемая в процессе режимных опытов от агрегатов технологической схемы ГТУ ТЭС. Ввод информа-

ции в ПЭВМ выполняется вручную (на этапе отладки ПО СКАИС) и автоматизированно (на втором этапе работы).

Программы комплекса формируют обработанные данные в массивы исходных данных согласно фактическим режимам и вводят их по запросу в решаемую задачу при диалоге оператора с ПЭВМ. Каждый массив представляет матрицу из пяти вектор-столбцов технологических параметров, описывающих отдельные режимы работы агрегатов. Число строк в матрице – не более 50. Причем последние 10 – признаки технологического режима:

- информация после «капремонта – до капремонта»;
- год эксплуатации после капремонта (первый, второй...) для сопоставления с прошедшим годом;
- теплообменники включены, отключены;
- режим холостого хода введен;
- антипомпажные клапаны открыты – закрыты;
- расход воздуха через компрессор меньше – больше номинального;
- регулирующий клапан топлива закрыт – открыт;
- температура атмосферного воздуха постоянная – переменная;
- температура газа перед газовой турбиной нормальная – повышенная;
- заданная мощность постоянная – переменная;
- частота вращения ротора генератора постоянная – переменная;
- экономичность агрегата при каждом режиме высокая – низкая;
- давление масла на смазку подшипников нормальное – пониженное;
- температура масла на смазку подшипников;
- чистота масла нормальная – с примесями;
- осевой сдвиг ротора нормальный – повышенный;
- вибросмещение роторов агрегата нормальное – повышенное;
- изменение фазы вращения роторов;
- погасание факела в камере сгорания;
- приближение к границе помпажа компрессора;
- акустическая эмиссия волн наиболее термонапряженных элементов агрегата;
- изменение диапазона уровня громкости шума механизма и контроль шумовых всплесков в подшипниках скольжения агрегата.

Признаки и их количество могут меняться оператором в зависимости от типа и состояния диагностируемого агрегата, технологической схемы и характера решаемых задач.

Технологические параметры: мощность на клеммах генератора, расход топлива и воздуха на входе в камеру сгорания, давление в регулирующем клапане топлива, температура атмосферного воздуха, температура и давление газа перед газовой турбиной, частота вращения ротора генератора, давление и температура масла на смазку подшипников, осевой сдвиг ротора турбины, вибросмещение роторов агрегата, вибрация корпусов агрегата, погасание факела в камере сгорания, шумовые всплески в подшипниках скольжения агрегата.

Количество параметров меняется оператором в зависимости от решаемой задачи и состояния агрегата.

Результаты решаемых задач формируются программно в отдельные таблицы результатов. Обращение к ним выполняется через спецменю по отдельному ключу. Предусмотрено внесение изменений в исходные матрицы

параметров, а также просмотр хода решения задачи. Отдельные результаты могут храниться в базе данных. Накапливаемые результаты о состоянии оборудования размещаются на накопителях.

При ручном вводе информации в начале и конце работы смены ТЭС результаты получаются сразу после ввода.

Предусмотрено накопление и просмотр ретроспективной информации по оборудованию на накопителях.

Таблицы выдаваемых результатов могут корректироваться на внесение изменений или дополнений.

Структура базы данных отражает структуру данных о состоянии технологического оборудования тепловой схемы ТЭС с энергоагрегатами любого типа сложности, а также имена записей, имена и форматы полей.

Для работы с данными разработан конкретный язык описания данных и язык манипулирования данными. Запросы к данным из БД выражаются в прикладных программах пользователей с помощью языков и терминов принятой модели данных (т.е. прикладная программа работает только с записями модели).

Записи модели создаются системой СКАИС на момент, когда они затребованы прикладной программой (при чтении данных из БД) либо формируются в ПП, а затем данные из этих записей переносятся в БД в хранимые записи (при вводе данных в базу).

Для образования записей модели СУБД располагает информацией о том, как записи, их поля строятся из хранимых в физической базе данных записей и полей (и аналогично обратные преобразования при вводе данных в БД). Эта информация задана в архитектуре БД в виде специального описания отображения (преобразования) данных из физической базы данных в данные для принятой модели (т.е. СУБД решает задачу реализации отображения прямого и обратного между моделью и физической базой данных).

В описании отображения кроме указания соответствий между полями записей модели и полями хранимых данных записей будут указаны все необходимые сведения о хранимых данных: в каком коде они представлены, как упорядочены, какие существуют индексы, где расположены те или иные данные, с какими данными они связаны, какие методы доступа необходимо использовать для манипулирования хранимыми данными и т.п.

Часть задач обработки данных возлагается на операционную систему ПЭВМ.

Создана единая информационная база, объединяющая программы диалоговой среды комплекса.

Заключение

Работа гарантирует после внедрения следующую эффективность ТЭУ (ГТУ, ПТУ):

- максимизацию выработки электро- и теплоэнергии при увеличении общей длительности эксплуатации;
- сокращение количества ремонтов и увеличение межремонтных периодов;
- оптимизацию расходов на техобслуживание, восстановление и ремонт;
- сокращение числа пусков (остановов) ТЭУ;

- увеличение ресурса ТЭУ;
- повышение экономичности энергоустановок при внедрении рекомендаций по эффективной эксплуатации ТЭУ с учетом их фактического состояния и функциональной диагностики;
- оптимизацию распределения тепловой и электрической нагрузки между ГТЭУ при щадящем режиме работы вспомогательного оборудования;
- повышение безопасности технологии производства электро- и теплоэнергии за счет своевременного предупреждения отказов на основе функциональной диагностики состояния оборудования ТЭУ.

Опытные результаты работы внедрены в АО НО «Теплоэлектропроект», Новосибирской ТЭЦ-4 и Новосибирском учебном центре повышения квалификации специалистов-энергетиков. Результаты рекомендуется использовать организациям, занимающимся проектированием, наладкой и эксплуатацией систем управления ТЭС и ТЭУ, наладочным и ремонтным предприятиям отрасли.

Внедряемые интеллектуальные технологии характеризуются отсутствием необходимости реконструкции и технического дооснащения существующих энергоустановок.

Литература

1. Крохин Г.Д. Математические модели идентификации технического состояния турбоустановок на основе нечеткой информации. Автореф. дис. ... докт. техн. наук. Иркутск: СЭИ, 2008. 48 с.
2. Крохин Г.Д., Мухин В.С., Судник Ю.А. Интеллектуальные технологии в теплоэнергетике. Ч. 1. М.: УМЦ «Триада», 2010. 170 с.

Bibliography

1. Krohin G.D. Matematicheskie modeli identifikacii tehničeskogo sostojanija turboustanovok na osnove nechetkoj informacii. Avtoref. dis. ... dokt. tehn. nauk. Irkutsk: SJeI, 2008. 48 p.
2. Krohin G.D., Muhin V.S., Sudnik Ju.A. Intellektual'nye tehnologii v teplojenergetike. Ch. 1. M.: UMC «Triada», 2010. 170 p.