

УДК 621.311

Г. И. КАНЮК, д-р техн. наук, проф.

Т. Н. ФУРЦОВА, канд. техн. наук, ст. преподаватель

Украинская инженерно – педагогическая академия, г. Харьков

## АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ТЭС В НОРМАЛЬНЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РЕЖИМАХ

*В работе рассмотрены возможности разработки более совершенных структур систем управления технологическими процессами ТЭС, вопросы автоматизации технического диагностирования энергооборудования и условий его эксплуатации*

*У роботі розглянуті можливості розробки більш досконалих структур систем управління технологічними процесами ТЕС, питання автоматизації технічного діагностування енергообладнання та умов його експлуатації.*

### Введение

**Актуальность проблемы.** Нормальный эксплуатационный (базовый) режим характеризуется тем, что параметры теплового цикла энергоблока практически соответствуют своим номинальным значениям. Это достигается соответствующими системами автоматического управления и частично оперативным персоналом, которые воздействуют на органы управления энергоблоком для обеспечения его надежной эксплуатации с максимальным КПД при выработке заданной мощности.

Одной из основных функций АСУ энергоблоком является автоматическая стабилизация регулируемых параметров в довольно широком диапазоне эксплуатационных нагрузок энергоблока.

Высокая интенсивность обмена информацией между системой автоматического регулирования (САР) и объектом, обусловленная широким частотным спектром возмущений, существенно ограничивает участие человека в стабилизации режима и делает практически невозможной ее реализацию без надежных автоматических устройств.

Критерии оптимальности САР – это прежде всего традиционные критерии, применяемые при рассмотрении контуров автоматического регулирования (статическая и динамическая ошибки). В связи с тем, что форма их представления связана со случайным характером возмущений, действующих на контуры регулирования, иногда в качестве критериев используют отклонения от заданных средних значений регулируемых параметров (аналог статической ошибки) и средние квадраты отклонений (СКО) параметра от математического ожидания (аналог динамической ошибки). Нестационарность процессов предопределяет также применение в качестве критериев переход за определенный уровень («выбросы») соответствующих параметров.

В связи с усложнением энергооборудования все более актуальными становятся задачи адаптации САР к изменяющимся условиям работы энергоблоков из – за различных режимных факторов, которые заранее не могут быть учтены при ее синтезе. Иногда зависимость оптимизируемого параметра от контролируемых параметров технологического процесса носит устойчивый характер и ее можно выполнить с помощью простых средств. Например, оптимизирующая связь от кислородомера к регулятору воздуха или одноразово построенная режимная карта настройки регулятора в зависимости от нагрузки. Оптимизация такого типа по своему характеру приближается к САР. Но, как правило, оптимизирующие воздействия характеризуются применением более сложных, чаще всего адаптивных законов. Для их осуществления требуется более сложная и точная аппаратура, хотя к ней предъявляются менее жесткие по сравнению с САР требования по надежности и быстродействию.

К настоящему времени создана и серийно выпускается аппаратура авторегулирования электронной системы, предназначенная для осуществления САР энергоблоков. Однако, благодаря начатому в последнее время широкому использованию средств вычислительной

техники в АСУ энергоблоками, появилась возможность разработки более совершенных структур систем управления, реализация которой является актуальной задачей.

### Основная часть

#### Автоматическое регулирование технологических параметров

Анализ исходных предпосылок синтеза САР, установившихся к настоящему времени, показывает, что эти предпосылки часто не соответствуют реально возникающим ситуациям, учет которых может значительно повысить эффективность функционирования этих систем.

Наиболее существенные из них заключаются в следующем [1, 2]:

1. Обычно предполагается, что входные воздействия на регулируемый объект являются доступными для контроля и имеется возможность получить математическое описание объекта относительно всех этих воздействий, например, в виде системы дифференциальных уравнений. Учет случайного характера функционирования объекта ограничивается при этом, как правило, лишь учетом случайного характера изменения внешних возмущающих воздействий на объект, вероятностные характеристики которых также предполагаются известными.

В действительности же реальные энергообъекты в условиях эксплуатации находятся под воздействием весьма большого числа случайных возмущений, действующих по различным каналам. Причем среди них могут быть вообще недоступные для контроля.

2. Задача синтеза САР обычно рассматривается как задача определения наилучшего закона (алгоритма) формирования управляющих действий. При этом выбор их схем производится на основании отдельных элементов системы, т. е. исходя из характера взаимодействия отдельных элементов системы, определяемых лишь видом математического описания этих элементов, вне связи с физическими особенностями и выполняемыми ими функциями.

Между тем, имеющийся опыт построения подобных систем показывает, что определяющее значение здесь приобретает не задача выбора алгоритмов функционирования соответствующих регуляторов, а задача получения оптимальной схемы получения текущей информации о состоянии объекта регулирования, которая объективно отражает характер взаимодействий между двумя основными функциональными элементами автоматических систем - объектом и регулятором.

Регулирование по конечному эффекту, то есть путем оценки текущего значения показателя цели регулирования, как правило, не позволяет осуществить его поддержание на требуемом уровне с требуемой точностью даже при использовании самого совершенного закона управления, так как показатель цели управления обычно реагирует на изменение управляющих воздействий с запаздыванием во времени. В результате информация, заключенная в текущем значении этого показателя, оказывается обесцененной.

3. Практически почти каждая действующая САР технологических процессов является системой косвенного регулирования, в которой на вход регулятора подается не сам показатель цели регулирования, а соответствующим образом подобранные косвенные величины, связанные с показателем цели регулирования достаточно тесной зависимостью. По - видимому, по той же причине не нашли сколько - нибудь широкого распространения автоматические поисковые оптимизаторы экстремальных технико - экономических показателей промышленных объектов; их функции, как правило, значительно более успешно выполняют обычные системы регулирования косвенных величин, т.е. объективно такие системы следует рассматривать не только как системы стабилизации, но и как системы автоматической оптимизации режимов работы объектов.

4. Обычно применяемая процедура синтеза САР исходит из того, что должны быть известна математическая модель регулируемого объекта, основываясь на которой и осуществляют все расчеты по динамике этих систем. Однако синтез этих систем по заранее заданной модели может быть выполнен только с определенной погрешностью, обусловленной различием реального объекта и аппроксимирующей его моделью. Благоприятные возможности для компенсации этой погрешности обусловлены широким использованием средств вычислительной техники при построении АСУ ТП энергоблоками электростанций.

Таким образом, опыт создания и эксплуатации САР позволяет сделать вывод о необходимости использования при их синтезе современных информационных методов получения объективной информации. Эти методы должны выбираться с учетом специфики решаемых задач, в частности само определение понятия ценности или количества информации очевидно должно формулироваться в рамках так называемого прагматического подхода к формулировке этого термина.

С помощью управляющих вычислительных машин (УВМ) можно осуществлять сложные многоконтурные или нелинейные САР, вычислять критерии для последующего использования в системах оптимизации, вести процесс регулирования по рассчитываемым параметрам и т.д. Реализация подобных задач на обычных средствах авторегулирования оказывается значительно более сложной, а иногда просто невозможной. У энергоблоками возникла необходимость проведения исследований, связанных со способами управления применяемых на электростанциях исполнительных механизмов, реализацией различных законов регулирования, особенностями настройки цифровых регуляторов теплоэнергетических процессов и др. Основные результаты этих теоретических и экспериментальных исследований особенностей использования УВМ при непосредственном цифровом регулировании (НЦР) приведены в [2].

На основе этих и других исследований по данной проблематике был разработан и внедрен ряд АСУ энергоблоками с использованием средств вычислительной техники на отечественных ТЭС и АЭС. Результаты создания и эксплуатации некоторых из них отражены в публикациях [1, 3, 4, 5].

Укрупненная структурная схема системы управления, минимизирующая сформулированный выше общий критерий оптимального управления энергоблоком  $W(T)$ , может быть представлена в виде трех иерархических уровней (рис. 1): системы автоматического регулирования и управления режимом энергоблока, системы оптимизации внутриблочных технологических процессов и системы оптимального решения общестанционных задач.

Основной задачей системы оптимизации внутриблочных технологических процессов является повышение качества и эффективности работы системы автоматического регулирования в реальных условиях эксплуатации энергоблока. Необходимость этого обусловлена, во-первых, наличием различных неконтролируемых возмущений, существенно влияющих на оптимальный режим и, во-вторых, сложной структурой энергоблока как объекта управления с множеством изменяющихся во времени взаимосвязей между технологическими параметрами, учет которых очень усложнил бы систему регулирования.

Решение оптимизационных задач в общей постановке минимизации критерия очень сложно. В связи с этим обычно проводится декомпозиция, которая позволяет упростить решение путем расчленения всей системы на отдельные подсистемы с частными критериями, обеспечивающими ее функционирование в целом в соответствии с общим критерием оптимального управления. При этом используется метод наименьших взаимосвязей между выделенными подсистемами.

В базовых режимах, составляющих большую часть времени работы энергоблока, основную роль в общем критерии оптимального управления играет его внутренняя составляющая. При этом определяющее значение имеют затраты на топливо, а также на восстановление и ремонт оборудования, то есть топливная и амортизационная составляющие себестоимости вырабатываемой электроэнергии. Учет затрат на амортизацию и ремонт затруднен тем, что в настоящее время отсутствуют достоверные зависимости, связывающие их с измеряемыми технологическими параметрами. Поэтому эти виды затрат могут быть пока учтены лишь в форме ограничений на пределы изменения технологических параметров.

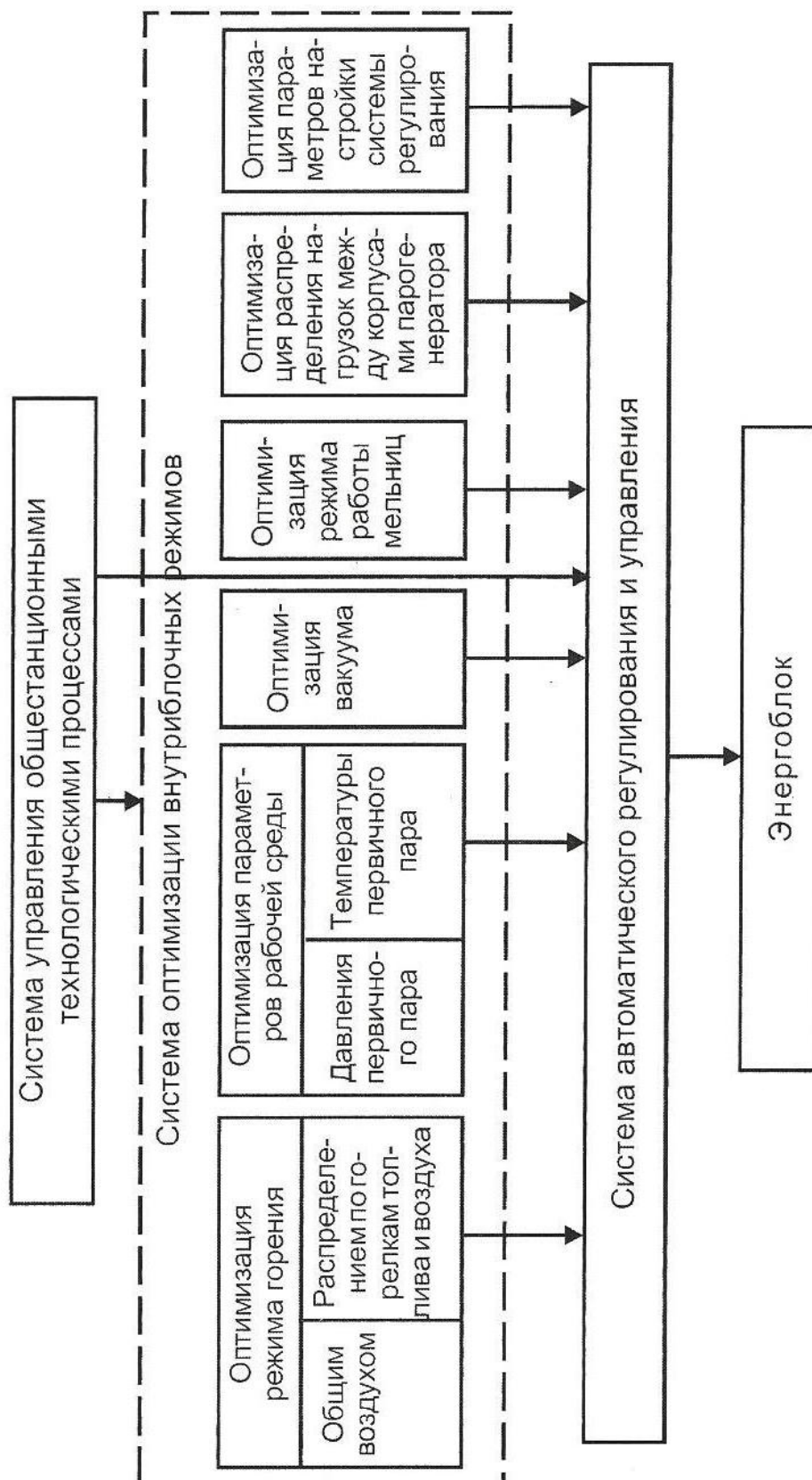


Рис. 1. Структурная схема системы управления энергоблоком

Таким образом, за основу частных критериев оптимальности может быть принята топливная составляющая себестоимости электроэнергии, минимум которой соответствует максимуму выражения

$$\eta_{ТУ} \cdot \eta_{П} (1 - \mathcal{E}_{СН}) \quad (1),$$

$\eta_{ТУ}$  – КПД<sub>брутто</sub> турбоустановки;

$\eta_{П}$  – парогенераторной установки;

$\mathcal{E}_{СН}$  – относительный расход электроэнергии на собственные нужды.

Если при функционировании подсистемы оптимизации один из сомножителей (1) сохраняется постоянным, критерий можно дополнительно упростить путем исключения этого сомножителя.

В [1] приведены примеры внутренних составляющих некоторых частных критериев оптимальности. Внешняя составляющая этих критериев совпадает по форме с внешней составляющей общего критерия оптимальности энергоблока, а в некоторых случаях ее удобно учитывать в виде ограничений.

Следует отметить, что декомпозиция по принципу наименьших взаимосвязей может оказаться не всережимной, поэтому необходимо определять ограничения, при которых она правомочна.

Система оптимизации обычно базируется на заранее заданных управляющих воздействиях (задатчики и органы настройки регуляторов) и измеряемых параметрах (режимные параметры и параметры состояния оборудования). В этом случае основной задачей становится синтез структуры и алгоритмов оптимального управления заданными управляющими воздействиями.

Применение тех или иных методов синтеза алгоритмов оптимизации обусловлено степенью полноты и адекватности математических моделей автоматизируемых объектов.

Построение моделей технологического процесса для целей оптимизации достаточно сложная задача, так как на оптимальное управление влияет множество факторов, связь между которыми трудно, а порой и невозможно установить. Из-за этого во многих случаях пользуются алгоритмами экспериментальной оптимизации. Кроме того, в энергоблоке многие параметры не только неуправляемые, но и неизмеряемые. Это связано со сложностью технологического процесса, с трудностью взятия представительных проб для анализа, с сжиганием различных видов топлива и т.д.

При синтезе алгоритмов оптимизации обычно предполагают, что математическая модель энергоблока или известна частично и недостаточно точно, или же имеется его достоверная адекватная модель. В первом случае (например, для оптимизации процесса горения) предлагаются только поисковые алгоритмы оптимизации, а во втором – строгие, заданные на значительные отрезки времени режимные карты или определяются косвенные параметры, которые поддерживаются на заранее заданном уровне.

Основным недостатком первого способа являются значительные потери на поиск критерия оптимальности, иногда сводящие на нет предполагаемый оптимизационный эффект. Второй способ также обуславливает существенные потери из-за различий между принятой моделью и реальным объектом. Поэтому в большинстве случаев наиболее рационально применять комбинированные системы оптимизации, в которых сочетаются преимущества обоих отмеченных выше способов. В таких системах, например, могут использоваться периодически обновляемые режимные карты, а на поисковую систему возлагаются задачи коррекции принятой модели при изменениях в технологическом процессе, составе оборудования, при больших возмущениях или периодически через предельный интервал.

При синтезе алгоритмов автоматической поисковой оптимизации используются как известные алгоритмы для планирования экстремальных экспериментов, так и некоторые

эвристические алгоритмы, учитывающие особенности энергоблока и систем автоматического регулирования.

Методика рационального построения подсистем автоматического управления и оптимизации технологических процессов, а также синтез соответствующих алгоритмов для этих подсистем АСУ энергоблоком приведены в [2, 6, 7].

В качестве примеров реализации оптимизационных подсистем АСУ энергоблоками, реализованных с использованием УВМ, могут быть отмечены система оптимизации процесса горения в топке парогенератора блока мощностью 200 МВт Змиевской ТЭС (рис. 2–6) и аналогичная система, разработанная для парогенератора мощностью 800 МВт Запорожской ТЭС [1, 5].

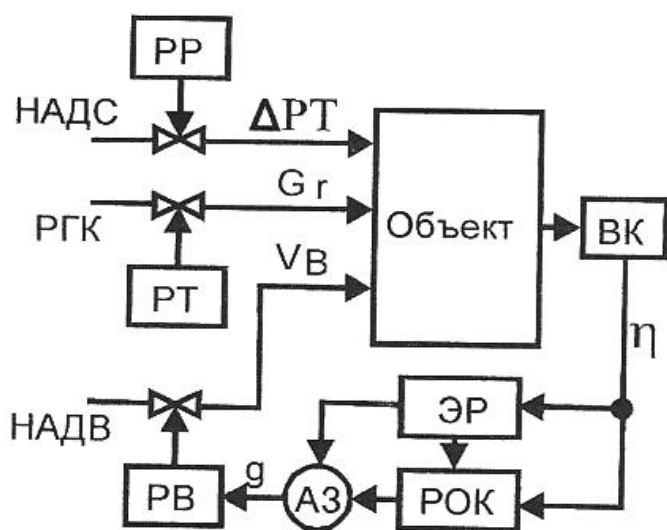


Рис. 2. Структурная схема оптимизации процесса горения:

РТ – регулятор топлива; РВ – регулятор воздуха; РР – регулятор разрежения; АЗ – автоматический задатчик; ЭР – экстремальный регулятор; РОК – режимная оптимальная карта; ВК – вычислитель критерия оптимизации; РГК – газовый клапан;  $G_1$  - расход газа;  $V_B$  - расход воздуха; НАДС – направляющие аппараты дымососов;  $\Delta P_T$  – разрежение вверху топки;  $\eta$  – критерий оптимизации; НАДВ – направляющие аппараты дутьевых вентиляторов;  $g$  – задание РВ

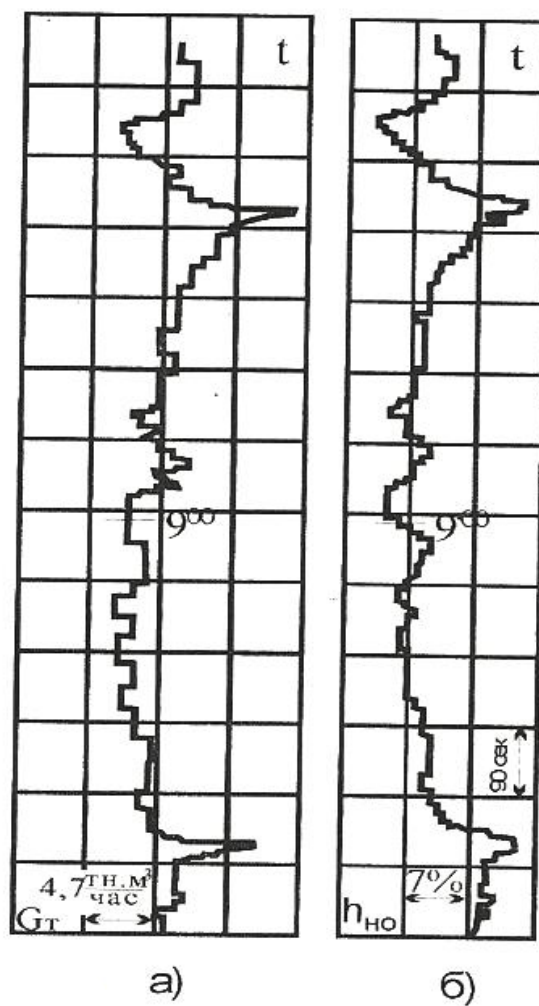


Рис. 3. Пример работы системы оптимизации процесса горения при НЦР топлива и воздуха с помощью УВМ: а – расход топлива; б – расход воздуха

В заключение необходимо подчеркнуть, что решение задач, связанных с автоматической оптимизацией технологических процессов энергоблока и требующих чаще всего применения относительно сложных и дорогих средств вычислительной техники, пока не вышло из стадии промышленно - экспериментальных исследований. Поэтому отдельные подсистемы автоматической оптимизации созданы лишь на ограниченном числе эксплуатирующихся АСУ энергоблоками ТЭС.

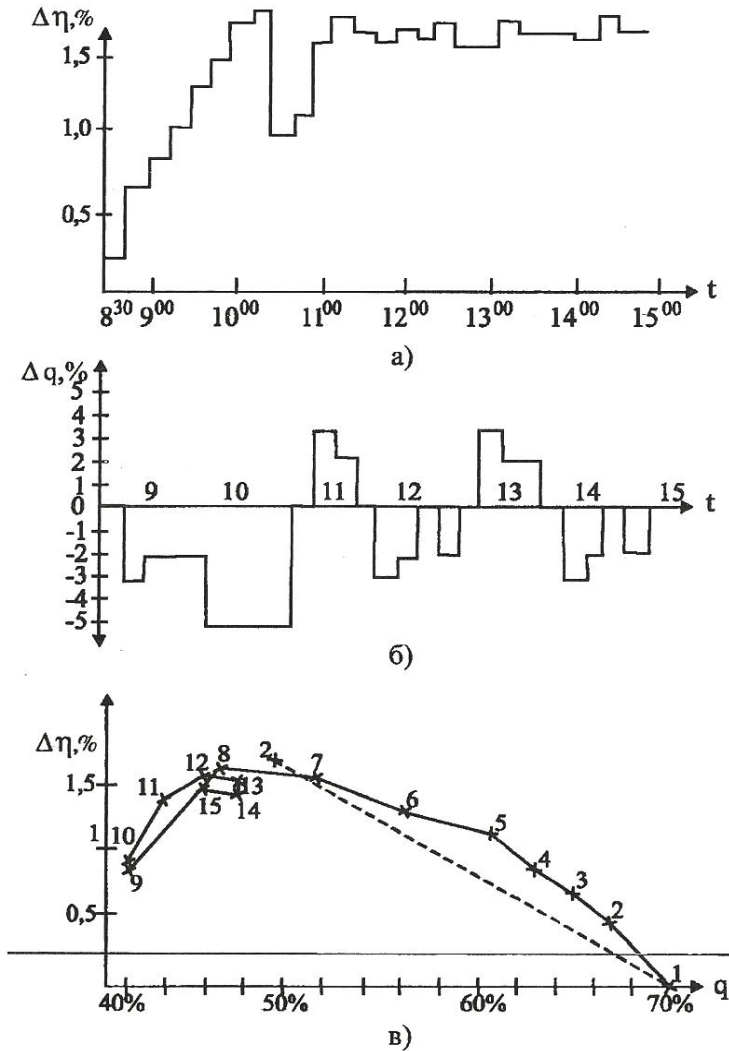


Рис. 4. Графики изменения КПД (а), управляющее воздействие оптимизации (б) и зависимость КПД от управляющего воздействия (в) при работе экстремального регулятора (пунктирная линия – с использованием режимной оптимальной карты)

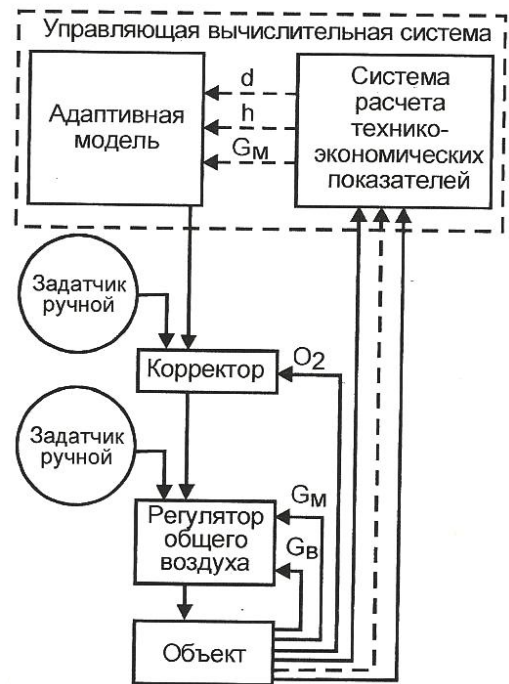


Рис. 5. Структурная схема системы оптимизации процесса горения

$O_2$  - содержание кислорода в дымовых газах;  $G_M$  - расход мазута;  $G_B$  - расход воздуха;  $\alpha$  - коэффициент избытка воздуха в топке парогенератора;  $\eta$  - КПД парогенератора

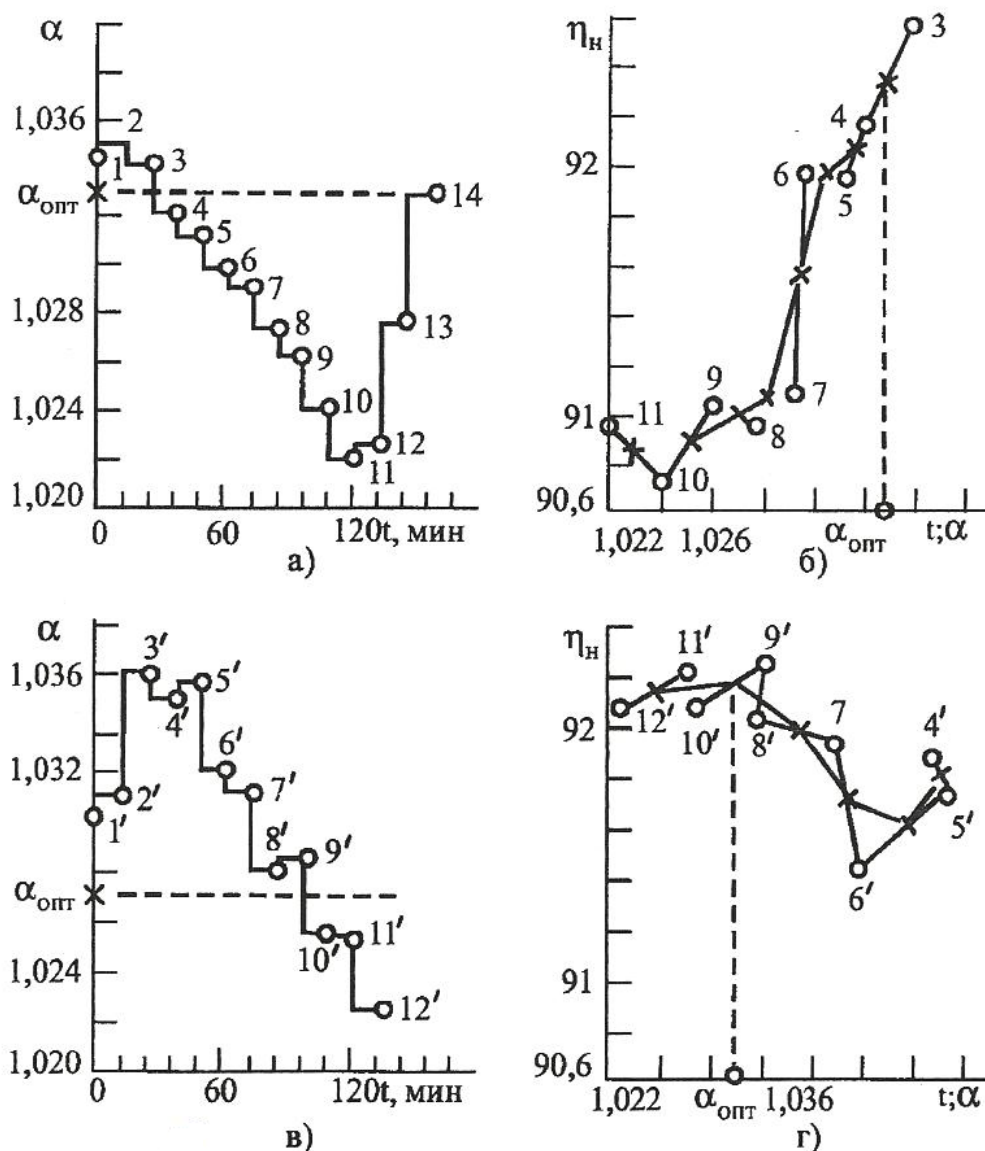


Рис. 6. Результаты испытаний адаптивной модели на энергоблоке 800 МВт:  
 а, б – изменение коэффициентов избытка воздуха и связанная с ним зависимость  $\eta_H(\alpha)$  в первом опыте; в, г – то же во втором опыте. Крестиками показаны точки статической характеристики после сглаживания

### Автоматизация технического диагностирования энергооборудования и условий его эксплуатации

Автоматизированная система технической диагностики (АСТД) любого энергетического объекта, должна рассматриваться как целостный комплекс, на котором необходимо решать вопросы функционального, методического, алгоритмического, информационного, программно – технического и организационного обеспечения.

Если в качестве объекта АСТД рассматривать энергоблок, как основной структурный элемент ТЭС, то решаемые на нем задачи могут быть условно определены в две основные группы, одна из которых включает задачи оперативного диагностирования, направленного на улучшение текущих эксплуатационных характеристик оборудования, другая группа задач включает оперативное диагностирование и одновременно направлена на определение темпа срабатывания и прогнозирования остаточного ресурса основных элементов энергооборудования с учетом фактических характеристик конструкционных материалов.



К задачам оперативного диагностирования (например, для энергоблока ТЭС) могут быть отнесены вибродиагностика турбины, подшипников турбины, радиальных зазоров, герметичности трубных систем ПВД и экранов НРЧ, топочного процесса, водно-химического режима энергоблока.

К задачам второй группы относятся диагностирование повреждаемости основных элементов турбины, коллекторов и паропроводов парогенератора; регенеративных воздухоподогревателей; экранных поверхностей парогенератора; индивидуальный контроль прочности металла и прогнозирование остаточного ресурса основных элементов турбины и парогенератора.

Решающим условием успешной эксплуатации задач диагностирования является тщательная проработка системных вопросов создания АСТД. К числу требований, которые, безусловно, должны быть представлены к системам подобного рода, относятся:

- обеспечение приживаемости диагностических задач;
- обеспечение работоспособности и надежного функционирования задач, устойчивости их к воздействию систематических и случайных ошибок, а также отказов в каналах измерений;
- возможность тиражирования системы;
- комплексный характер решения диагностических задач в их взаимосвязи, обусловленной единством технологического процесса энергоблока;
- максимальное использование средств вычислительной техники (СВТ) в принятии диагностических решений, отборе и концентрации информации;
- возможность количественного анализа качества и результатов работы диагностической системы.

Опыт разработки и внедрения разнообразных задач диагностического обеспечения и управления в АСУ ТП энергоблоков отечественных ТЭС и АЭС, накопленный в последние десятилетия, показывает, что лишь небольшая часть этих задач успешно эксплуатируется в дальнейшем, после ввода в эксплуатацию. Возник даже специальный термин «приживаемость задач». Одна из основных причин такого положения – недостаточная проработанность комплекса разнохарактерных вопросов (научно-технических, эргономических, психологических и других), решение которых и определяет успешную приживаемость этих задач. Важные критерии проработанности задач на стадии их постановки – полезность и нетривиальность.

Полезность того или иного алгоритма в соответствии с задачами АСТД должна быть, прежде всего, понята и признана эксплуатационным персоналом и руководством станции, где осуществляется внедрение. Скептическое отношение к возможностям алгоритма крайне затрудняет процесс разработки и внедрения и приводит, как правило, к последующему «отмиранию» задачи.

Нетривиальность подразумевает четкое обоснование преимуществ использования алгоритма и применения АСТД. Эксплуатация автоматизированных систем трудоемка, требует дополнительных усилий по обслуживанию технических средств, а также по освоению и использованию алгоритмов. В то же время на действующем оборудовании эмпирическая диагностика ведется и, с позиции персонала, достаточно успешно. Поэтому для признания того или иного алгоритма необходимы два условия - очевидная полезность, а также невозможность или сложность его реализации традиционными методами без использования автоматизированной системы.

Можно указать следующие признаки нетривиальности алгоритма и факторы, оправдывающие применение автоматизированной системы: качественная и (или) количественная новизна используемых для диагностирования зависимостей; сложность математических зависимостей и логических связей, реализуемых алгоритмом; большое число параметров, определяющих состояние объекта и учитываемых алгоритмом диагностирования; большой объем памяти для долговременного хранения информации, используемой в алгоритмах диагностирования, необходимость быстрой ее обработки;

сложность «немашинного» анализа достоверности информации; необходимость прогнозирования тенденции изменения во времени диагностических показателей с расчетом вероятностных характеристик прогноза; необходимость измерения и (или) вычисления параметров, недоступных эксплуатационному персоналу.

Работоспособность и надежность функционирования АСТД в значительной мере определяется метрологической корректностью постановки диагностических задач. Ошибки во входной информации приводят к тому, что результат работы алгоритма носит вероятностный характер, причем степень «размытости» результата связана не только с величинами этих ошибок, но и с видом алгоритма. Возникает понятие чувствительности данного алгоритма к ошибкам во входной информации. Значение этой характеристики особенно велико при использовании в диагностических алгоритмах малых приращений параметров, что важно для раннего выявления дефектов. Проиллюстрируем это положение простым примером.

Работа характерного алгоритма заключается в вычислении некоторой величины  $y$  с последующим сравнением ее с нормативным показателем и выработкой соответствующей рекомендации или постановкой диагноза. При этом выполняются операции двух видов:

- вычисление функций многих переменных,  $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , где  $x_i$  – измеряемые параметры диагностируемого объекта;
- логические операции типа «если  $y < a$ , то...», где  $a$  – некоторая нормативная константа.

В простейшем случае определения  $y$  как разности двух величин  $x_1, x_2$  – дисперсия относительной ошибки:

$$\sigma^2(\Delta y / y) = (\sigma_1^2 + \sigma_2^2) \left( \frac{x_1 - x_2}{y} \right)^2, \quad (2)$$

где:  $\sigma_1^2$  и  $\sigma_2^2$  дисперсии соответственно  $x_1$  и  $x_2$ .

Если  $x_1$  и  $x_2$  близки между собой, получаем хорошо известный результат – разности близких величин измеряются с большими относительными погрешностями. При этом, так как абсолютная погрешность измерения  $\Delta x_i$  – возрастает, как правило, с ростом, то особенно опасным является случай измерения больших и близких величин, то есть случай, наиболее характерный для диагностирования. Алгоритм, содержащий подобную функцию, метрологически некорректен, так как в эксплуатации он будет приводить к ложным срабатываниям, что резко снизит доверие к нему. Такой алгоритм желательно изменить; если же это невозможно, следует уменьшить погрешность  $\Delta x_i$  (например, путем установки датчиков повышенной точности). Требования к точности датчиков определяются решением обратной задачи: найти допустимые статистические характеристики ошибок  $\Delta x_i$  при заданных характеристиках ошибки  $\Delta y$ .

Аналогичные проблемы возникают при реализации функций прогнозирования.

Сложные алгоритмы, включающие несколько логических связей, требуют детального метрологического и содержательного анализа. Эффективным методом анализа метрологической корректности, особенно для сложных алгоритмов, включающих измерения большого числа параметров и достаточно сложные вычислительные и логические функции, является имитационное моделирование алгоритмов, начиная с ранней стадии их проработки.

Возможность тиражирования системы обеспечивается при выполнении следующих условий:

- максимальное применение серийных промышленных средств диагностического контроля, прежде всего тех штатных датчиков, которые используются при реализации других информационных и управляющих функций АСУ ТП (изложенное не исключает

использования нестандартных или несерийных датчиков и приборов, во всяком случае, на период отработки алгоритма);

– использование типовых программно-технических средств (в АСТД, например, реализованной на энергоблоке 800 МВт Запорожской ТЭС, используется идеология и программное обеспечение управляющей вычислительной системы «КОМПЛЕКС-ТИТАН-2», адаптируемых на блоках ТЭС и АЭС) [1, 6];

– использование специальных программных средств, облегчающих модификацию алгоритмов в условиях функционирования штатной АСУ ТП блока.

Комплексный характер постановки и решения задач технической диагностики (ТД) предполагает на предпроектной стадии проведение анализа совокупности диагностируемых нарушений по блоку в целом, выявление характера их проявлений в различных узлах и элементах оборудования, разработку методов обнаружения диагностических признаков и разработку на этой основе рационального перечня диагностической информации. Типичным примером группы взаимосвязанных задач, решаемых АСТД например, на блоке 800 МВт Запорожской ТЭС, являются диагностирование водного режима по качеству теплоносителей в контуре энергоблока; диагностирование электрического состояния турбины, позволяющее оперативно оценивать резкие нарушения водного режима; диагностирование надежности экранов парогенератора, позволяющее оценить скорость роста и накопление внутритрубных отложений.

Комплексный характер диагностирования предполагает также единообразие методов обработки и алгоритмов диагностирования однотипных задач, решаемых на различных узлах оборудования – таковы задачи определения остаточного ресурса и повреждаемости.

Организационное взаимодействие оперативного персонала и технических средств АСТД может осуществляться различным образом. В одном из вариантов диагностические задачи вызываются и решаются эпизодически по инициативе персонала. При этом не исключено несвоевременное обращение оператора к диагностической задаче, что резко снижает эффективность АСТД. Альтернативным вариантом является организация автоматической диспетчеризации – решения задач ТД в соответствии с установленными приоритетами; машинного анализа складывающейся технологической ситуации; автоматического вывода концентрированной диагностической информации, то есть в этом варианте инициатива решения задач ТД принадлежит ЭВМ. Именно такой способ представляется в большей степени отвечающим современным требованиям к функционированию АСТД с учетом отечественного и зарубежного опыта.

Вопросы, посвященные реализации создания, внедрения к эксплуатации АСТД на зарубежных и отечественных ТЭС и АЭС рассмотрены в [3, 4, 5, 7].

### Вывод

Для количественного анализа качества и результатов работы диагностических систем, создаваемых на различных энергетических объектах, необходимо обосновать принципы выбора критериев и признаков, характеризующих вид технического состояния диагностируемых элементов, узлов и агрегатов, то есть работоспособность и неработоспособность, исправность и неисправность, правильное и неправильное функционирование. Учитывая, что диагностированию подлежат, в основном, нарушения, носящие характер функционального постепенного отказа, то выбор критериев технического состояния должен осуществляться, исходя из функционального назначения элемента, узла и агрегата в конкретных условиях его работы. Это позволит перейти к интегральным оценкам состояния оборудования.

### Список литературы

1. Дуэль М. А. Автоматизированное управление объектами и технологическими процессами тепловых и атомных электростанций. – Харьков: ЧП «КиК», 2010. – 448 с.
2. Ротач В. Я. Расчет динамики промышленных автоматических систем регулирования / В. Я. Ротач. – М.: Энергия, 1973. – 438 с.

3. Автоматизированные системы управления комплексной технической диагностики (АСКТД) для энергоблоков АЭС с реакторами ВВЭР – 1000 (концепция). – Харьков: ЗАО «Техностандарт», 2004 г.

4. Антонович В. А. Разработка опытной АСТД для энергоблока 300 МВт Зуевской ГРЭС-2 / В. А. Антонович, О. Г. Ильченко, И. М. Мельник и др. // Энергетика и электрификация. – 1989, №1. – С. 15 – 23.

5. Дуэль М. А. Диагностирование состояния и условий эксплуатации энергооборудования ТЭС и АЭС / М. А. Дуэль, А. Л. Дуэль, В. А. Кострыкин. – Харьков: ЧП «КиК», 2006. – 284 с.

6. Дуэль М. А. Основы построения АСУ энергоблоками тепловых и атомных электростанций / М. А. Дуэль. – Харьков: ФЛП «Федорко М. Ю.», 2011. – 480 с.

7. Скляр В. Ф. Диагностическое обеспечение энергетического производства / В.Ф. Скляр, В. А. Гуляев. – К.: Техника, 1995. – 215 с.

## **AUTOMATION OF MANAGEMENT BY TECHNOLOGICAL PROCESSES OF TЭС IN NORMAL OPERATING MODES**

G. I. KAHNIOK, D-r Scie. Tech., Pf.

T. N. FURSOVA, Cand. Tech. Scie.

*Possibilities of development of more perfect structures of control system are in-process considered the technological processes of ТЭС, questions of automation of the technical diagnosing of energyequipment and his external environments*

Поступила в редакцию 14.12 2011 г.