

*Для реабілітації експлуатуючихся і створення нових АСУ багаторівневих, багатофункціональних і всережимних об'єктів управління розглянута можливість використання сучасних досягнень теорії автоматичного управління і інформаційних технологій*

*Ключові слова: АСУ, енергоблок, електростанція*

*Для реабилитации эксплуатирующихся и создания новых АСУ многоуровневых, многофункциональных и всережимных объектов управления рассмотрены возможности использования современных достижений теории автоматического управления и информационных технологий*

*Ключевые слова: АСУ, энергоблок, электростанция*

*The possibility of using modern advances of automatic control theory and information technology are considered for the rehabilitation of exploited and building a new ACS multilevel, multifunction and fully-variable control objects*

*Keywords: ACS, power unit, power-station*

# КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ АСУ СЛОЖНЫМИ ЭНЕРГООБЪЕКТАМИ

**М. А. Дуэль**

Доктор технических наук, профессор\*

**Г. И. Канюк**

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой\*

**Т. Н. Фурсова**

Старший преподаватель\*

\*Кафедра теплоэнергетики и энергосбережения  
Украинская инженерно – педагогическая академия  
ул. Университетская, 16, г. Харьков, Украина, 61003  
Контактный тел.: 097-436-11-58  
E-mail: Tatiana\_fursova@mail.ru

## 1. Введение

Эксплуатирующиеся автоматизированные системы управления (АСУ) энергоблоками вводились в эксплуатацию совместно с их энергооборудованием на ТЭС и АЭС Украины, в основном, в 1965 – 1980 гг. и на АЭС – в 1980 – 1995 гг., и создавались еще ранее. Они сейчас не только выработали свой эксплуатационный ресурс, но также морально устарели, так как не соответствуют достигнутому мировому уровню создания и эксплуатации таких ответственных объектов управления.

Поэтому для реабилитации эксплуатирующихся и создания новых АСУ таких сложных многоуровневых, многофункциональных и всережимных объектов управления необходимо максимально использовать современные достижения теории автоматического управления и информационных технологий.

Анализ отечественного и зарубежного опыта позволяет констатировать, что дальнейший рост эффективности общесистемных научно – методических принципов построения АСУ должен осуществляться путем повышения интеллектуального уровня АСУ; степени автоматизации их функций; обеспечения необходимой надежности и экономичности функционирования [1, 6].

Реализация этих тенденций требует решения ряда основных научных – технических проблем, группирующихся в следующих направлениях: функционально

– алгоритмический синтез; типизация и унификация технических средств; децентрализация и интеграция структур АСУ; системный подход к созданию АСУ; учет кибернетических признаков сложных систем управления.

## 2. Системный подход к созданию АСУ

Подход к проблеме управления как к процессу, учитывающему взаимосвязь частей системы или ее отдельных подсистем, является основной чертой системного подхода к разработке АСУ. Главным в системном подходе является сосредоточение внимания на построении системы в целом в отличие от построения ее отдельных частей.

Для любой АСУ характерным является наличие централизации. При этом какие-то факторы являются доминирующими при ее функционировании. Даже относительно малые изменения этих факторов обычно приводят к значительным изменениям в подсистемах АСУ. Характерным является также и то, что цели как отдельных подсистем, так и АСУ в целом в процессе функционирования могут видоизменяться. Поэтому на всех стадиях создания, эксплуатации и развития АСУ должен быть реализован принцип системного единства, обеспечивающий ее целостность с помощью соответствующих связей между отдельными подсистемами и с АСУ более высоких рангов.

Системный подход начинается с определения целей для всей системы. При этом анализируют данные об объекте и имеющиеся знания о внешней среде, разрабатывают организационно-функциональные и информационно-алгоритмические структуры, формируют подсистемы и другие компоненты АСУ, которые соотносятся друг с другом в рамках системы в целом. На основе сформулированных критериев отдельные подсистемы синтезируют в систему.

Системный подход при проектировании АСУ возможен лишь в том случае, когда выявлены все связи и зависимости, объединяющие ее отдельные подсистемы в единое целое.

Перспективы развития и совершенствования АСУ в значительной степени определяются возможностями комплекса технических средств.

Системный подход делает целесообразным проектирование на основе модульного принципа как в организационно-функциональном и информационном, так и в математическом и техническом обеспечении. Технический прогресс обычно приводит к появлению новых технических средств, то есть множество технических средств постепенно совершенствуется и видоизменяется. В связи с влиянием внешней среды необходимо предусмотреть также возможность видоизменения АСУ с учетом новых условий, при этом эффективность системы не должна быть ниже некоторого определенного уровня.

Системный подход не исключает переноса центра внимания на отдельные подсистемы после разработки общих требований к системе и цели управления, поскольку разработка этих подсистем должна осуществляться на современной аппаратной базе с учетом имеющихся конкретных технических или других средств. В соответствии с этим выработались два последовательных этапа проектирования АСУ; макропроектирование, когда рассматривается целостная система, исходя из общих целей управления; микропроектирование, когда осуществляется реализация отдельных подсистем на конкретных технических средствах.

Оптимальное сочетание этих двух подходов наиболее трудно осуществить при проектировании больших систем управления, к которым относятся, в частности, и АСУ электростанций.

Любые АСУ ТП объектов обладают рядом принципиальных особенностей, которые существенно изменяют привычные представления о ходе разработки и внедрения любой новой технической системы [1, 6].

1) До завершения полной реализации проекта возможность испытаний функционирующей АСУ на объекте практически исключена. Все неудачные решения и ошибки, которые не удалось учесть и предвидеть в ходе разработки, начинают сказываться только при испытаниях системы и вводе ее в эксплуатацию. Поэтому чрезвычайно важное значение приобретает начальная стадия работ по созданию АСУ, на которой определяются и закладываются все основные принципиальные решения.

2) В процессе разработки АСУ должна заранее планироваться ее эволюция. Достижение новых целей управления, возникающих при функционировании АСУ, может быть обеспечено только в том случае, если при построении подсистем предусмотрена воз-

можность их развития как по вертикали, то есть в смысле интеграции в рамках единой АСУ отдельных подсистем, которые раньше имели самостоятельное значение, так и по горизонтали, то есть в смысле расширения круга задач, которые решаются отдельными подсистемами.

Это обстоятельство еще более усиливает значение первых этапов разработки, так как уже на этой стадии необходимо тщательно продумать сопряжение различных частей системы на основе взаимозависимости ее отдельных частей, вводимых в эксплуатацию в разное время.

3) АСУ тесно связана с внешней средой, а также другими системами, что оказывает влияние на алгоритмическое и программное обеспечение АСУ, а часто и на цель и критерии эффективности, заставляя перестраивать внутреннее содержание системы. В связи с этим с самого начала разработки АСУ в нее должны быть заложены свойства адаптивности, гибкости в перестройке.

4) Ввод в эксплуатацию АСУ обычно начинается с решения отдельных задач, причем эти задачи, как правило, наиболее просты по содержанию и незначительны по объему перерабатываемой информации. По мере освоения системы и накопления необходимого опыта происходит постепенное наращивание мощности АСУ, которое растягивается на длительные сроки (иногда до нескольких лет) и неизбежно приводит к расширению и изменению принятого раньше состава и объемов задач.

Поэтому поэтапная разработка и внедрение АСУ приводят к трансформации таких общепринятых понятий при классической форме проектирования как технический и рабочий проект.

5) Ввод в действие какой-либо новой технической системы связан, в основном, с монтажом и наладкой оборудования, при этом в обязанности человека входит обеспечение нормальной работы этого оборудования.

В процессе внедрения АСУ роль человека приобретает доминирующее значение. При создании АСУ следует учитывать такие факторы, как психофизические возможности человека, материальные и моральные стимулирующие воздействия на результаты его труда, субъективные влияния, условия работы и т.п. Кроме того, при создании АСУ большой удельный вес занимает программное обеспечение, связанное с переработкой людьми большого объема информации. Необходимо не только разработать различные алгоритмы и процедуры переработки информации, но и предусмотреть меры для их точного соблюдения, а также в случае их нарушения.

Поэтому подготовке персонала к работе в условиях функционирования АСУ должно быть уделено особое внимание.

При создании технической системы затраты на материалы и оборудование обычно существенно превышают затраты на ее разработку.

6) В процессе создания АСУ затраты на проведение необходимых исследований, проектирование системы, разработку программного обеспечения, подготовку персонала и т.п. значительно превышают стоимость комплекса технических средств, их монтажа и наладки.

---

### 3. Кибернетические признаки сложных систем управления

---

Особенности системы управления в энергетической отрасли производства предопределяют создание эффективных автоматизированных систем управления ТЭС и АЭС на основе использования современных методов кибернетики. Необходимость применения этих методов при создании интегрированных АСУ ЭС обусловлена тем, что этим системам свойственны все основные признаки, присущие кибернетическим системам [2, 3]: наличие цели или алгоритма управления и необходимость отыскания условий оптимальности действий системы; взаимодействие элементов системы с внешней средой, являющейся источником случайных возмущений; регулирование процессов на основе применения принципов обратной связи; управление процессами системы на основе передачи и приема информации и ее последующей обработки.

---

### 4. Необходимость отыскания условий оптимальности действий системы

---

Основным требованием АСУ в энергетике является обеспечение условий максимальной эффективности производства электроэнергии, что означает обеспечение заданных (прогнозируемых) потребностей общества в энергии при оптимальных материальных и трудовых затратах (максимальной прибыли). Для отыскания этих условий необходимо:

- 1) сформулировать единый критерий оптимальности;
- 2) разработать методы оптимизации отдельных процессов при функционировании объекта;
- 3) создать на основе единого критерия и методов оптимизации математическую модель функционирования изучаемого объекта в совокупности соответствующих взаимосвязанных объектов (например, электростанции в энергосистеме, энергосистемы - в объединенной энергосистеме и т.п.).

Созданию модели функционирования тепловой электростанции (с точки зрения управления ею), посвящены работы [1, 3]. Здесь же коснемся лишь условий формирования критерия оптимальности.

Необходимость единого критерия для оценки эффективности достижения конечной цели может быть подтверждена не только логическими рассуждениями, но и строгими математическими доказательствами.

Рассмотрим это на примере потребителей - регуляторов, устанавливаемых для выравнивания графика электрической нагрузки энергосистемы.

Затраты энергетического производства в определенной степени определяются режимами работы промышленных, коммунально-бытовых и сельскохозяйственных потребителей энергии. Режимы работы потребителей энергии зависят от распорядка работы предприятий и технологической схемы работы оборудования.

Как правило, режимы работы промышленных потребителей энергии определяются технологическим циклом, построенным исходя из условий получения

минимума затрат на производство промышленной продукции. Энергосистемы вынуждены покрывать установленный таким образом резко переменный график нагрузок, неся соответствующие издержки, определяемые его пиковым характером. Естественно, что выравнивание графика нагрузок приводит к уменьшению издержек в энергосистеме, поскольку при этом уменьшается период работы энергетического оборудования в нерасчетных режимах, уменьшается число пусков оборудования и соответствующие затраты топлива, уменьшается величина установленной мощности и требуемые капиталовложения при заданной выработке энергии и т.д.

Сравним эффективность двух способов выравнивания графика нагрузок: перемещение времени работы энергоемкого оборудования потребителей с часов пик в часы провала графика нагрузки, если это оборудование имеет сравнительно небольшой суточный коэффициент загрузки; отключение или изменение режима потребления электроэнергии в часы пик энергоемкого оборудования, имеющего суточный коэффициент загрузки, близкий к 100%.

При первом способе суточная выработка продукции на существующем оборудовании не изменяется и практически не требуется дополнительных капиталовложений. Поэтому такой способ, безусловно, является эффективным.

Второй способ связан с уменьшением суточной выработки продукции на существующем оборудовании. Для компенсации недовыработки необходима установка аналогичного дополнительного оборудования, которое работало бы вместе с существующим в часы провала нагрузок.

Установка дополнительного оборудования требует соответствующих затрат на промышленном предприятии при одновременном уменьшении затрат в энергосистеме. Существует некоторый целесообразный предел выравнивания графиков нагрузки, при котором выигрыш в энергосистеме становится меньше, чем дополнительные затраты на промышленных предприятиях. Этот предел и определяет оптимальную конфигурацию графиков нагрузки, при которой достигается минимум народнохозяйственных затрат на производство заданной конечной продукции.

В [3] убедительно показано, что отыскание условий оптимальности действия системы (в данном случае энергетической), может быть выполнено лишь в случае одинаковых нормативных коэффициентов для разных отраслей промышленности, численно равных проценту платы за основные и оборотные фонды. Кроме того приведенные затраты должны стать критерием оптимальности не только на стадии проектирования ТЭС или АЭС, но и на стадии ее эксплуатации.

---

### 5. Взаимодействие элементов системы с внешней средой

---

Энергетика является сложной системой, отдельные параметры ее не могут быть заранее точно рассчитаны. Это прежде всего относится к прогнозированию потребления энергии, которое является основным внешним возмущением в энергетике. По-

сколькo увеличение потребления энергии определяется многочисленными факторами, обусловленными как ростом и изменением структуры производства, так и изменением потребностей отдельных членов общества, точное прогнозирование его весьма затруднительно. Столь же затруднительно и оперативное прогнозирование потребления энергии (на сутки или несколько суток) из-за таких случайных (для энергетики) факторов, как изменения температуры, аварийные отключения, нехватка воды и т.п. Источниками случайных возмущений для энергетики являются связи с другими отраслями промышленности - с топливной (изменение районов добычи топлива и цен, изменение структуры топливного баланса), с энергомашиностроительной (изменение типов, стоимости и экономичности оборудования), с металлургической (изменение качества металлов) и т.п.

Чем больше период, для которого разрабатываются условия оптимального функционирования энергетики, тем сильнее влияние случайных факторов, которые могут изменить предварительно полученные оптимальные параметры и соотношения.

В связи с этим одним из основных требований к АСУ является требование приспособляемости к изменяющимся условиям развития экономики. Иными словами, АСУ должны быть организованы таким образом, чтобы любые случайные (или неслучайные) внешние возмущения сразу же учитывались для внесения соответствующих изменений в регулирование производства, с тем чтобы в возможно короткие сроки обеспечить определение новых оптимальных параметров и соотношений. Самым существенным недостатком в организации управления в настоящее время является слабая приспособляемость к изменению внешних условий. В результате этого частые случайные колебания системы приводят к нарушению оптимальных пропорций в развитии отрасли.

В настоящее время созданы реальные предпосылки для значительного улучшения приспособляемости системы управления к нуждам производства. Эти предпосылки заложены, прежде всего, в новой экономической реформе и, кроме того, в широком внедрении в народное хозяйство цифровых вычислительных машин.

Экономическая реформа исходит из необходимости значительного расширения прав и увеличения самостоятельности низовых звеньев народного хозяйства - предприятий, бытовых организаций и т.п., которые прежде всего воспринимают все внешние возмущения системы (недостаток или избыток выпускаемой продукции, появление потребности в новых видах продукции и т.п.). Поскольку внешние возмущения сильнее всего ощущаются в низовых звеньях производства, есть все основания предполагать, что эти звенья смогут соответствующим образом проанализировать эти изменения и выработать новые решения. В условиях новой системы планирования и экономического стимулирования, когда в вышестоящих планирующих звеньях системы сосредоточены лишь главные задачи: совершенствование основных народнохозяйственных пропорций, проведение единой государствен-

ной политики в области технического прогресса, капитальных вложений, оплаты труда, цен, прибыли, финансов и кредита, что расширяет сферу деятельности низовых звеньев, - сужение сферы централизованных заданий не только не предполагает ослабления внимания к централизованному планированию, а, наоборот, повышает требования к нему. Чем лучше обоснованы централизованные плановые задания, тем больше оснований полагать, что низовые хозяйственные звенья обеспечат надлежащую оптимизацию производственного процесса. Своевременное и правильное реагирование систем управления на внешние возмущения неразрывно связано с правильным функционированием обратных связей.

---

#### **6. Регулирование процессов на основе применения принципов обратной связи**

---

Как известно, обратная связь представляет собой воздействие объекта управления на систему управления. Каждой обратной связи соответствует своя прямая связь, то есть воздействие системы управления на объект.

Принципам построения автоматических и автоматизированных систем технологического управления в энергетике на основе соответствия прямых и обратных связей посвящено значительное количество работ [1, 3, 4, 5].

В системах экономического управления ТЭС функционируют три основных типа прямых связей (управляющих воздействий):

1. Непосредственное эксплуатационное воздействие на объект управления - оборудование, которое осуществляется как вручную, так и с помощью средств автоматики. При наличии регуляторов или ЭВМ оператор воздействует на объект управления методом контроля и наладки их работы. Таким образом, в любом случае эксплуатационное воздействие оператора на объект управления сохраняется; только при наличии автоматического управления между оператором и объектом управления появляется промежуточное дополнительное звено, изменяющее характер воздействия оператора на объект.

2. Воздействие на объект управления - оборудование - путем разработки и своевременной реализации оптимальных планов эксплуатации и развития. Воздействие на объект управления путем разработки и осуществления оптимальных планов ремонтных, реконструктивных и профилактических работ, а также мероприятий по внедрению новой техники и др. (условно такое воздействие можно назвать ремонтным) является весьма важным и во многих случаях существенно снижающим общие издержки производства и повышающим его прибыль.

3. Воздействие на объект управления - коллективы людей (человека) - при помощи распоряжений (прямые указания, приказы, должностные инструкции и т.д.).

Соответственно рассмотренным прямым связям можно определить следующие обратные связи:

1. Воздействие показателей, полученных в результате реализации эксплуатационных мероприятий, на

коллективы людей (человека), осуществивших это воздействие.

2. Воздействие показателей, полученных в результате реализации ремонтных мероприятий, на коллективы людей, осуществивших это воздействие.

3. Материальное воздействие на коллективы людей в соответствии со степенью отработки ими полученных распоряжений. Такое воздействие делает систему экономического управления замкнутой.

Для того чтобы осуществить регулирование процессов на основе применения принципов рассмотренных обратных связей, необходимо передать и переработать большое количество оперативной и неоперативной информации.

## 7. Управление процессами системы на основе передачи и приема информации

Экономическое управление в энергетике основано на использовании информации, которая циркулирует как между отдельными системами управления - предприятиями, энергосистемами и министерством, так и между отдельными звеньями внутри каждой из них.

В СЭУ процессы циркуляции и переработки информации имеют значение не менее важное, чем в системе технологического управления (СТУ). Современное обеспечение точной информацией, переработанной до такого объема, который позволил бы выбирать оптимальные решения на различных уровнях производства (от рабочего до директора предприятия и выше), является основой успешной деятельности любой системы. Очевидно, что отсутствие информации сводит эффективность систем управления к нулю и делает бессмысленным любой человеческий труд. Менее очевидным является утверждение, что обилие информации так же вредно, как и ее отсутствие. В этом случае затрудняется анализ этой информации и, следовательно, выбор оптимальных решений. Использование вычислительных машин значительно облегчает переработку большого объема информации. Однако и в этом случае выбор оптимального объема информации для каждого звена (уровня) управления является основой успешного функционирования СЭУ.

Большая часть исходной информации формируется в первичной системе управления (на предприятии). По мере движения к системе управления отраслью передаваемая исходная информация последовательно уменьшается в объеме и преобразуется в соответствии с основными функциями управления.

Движение исходной информации снизу вверх является необходимым условием нормального функционирования обратных связей. Движение же информации в обратном направлении - сверху вниз - необходимо для осуществления прямого воздействия. Общий объем информации (снизу вверх и сверху вниз), необходимый для осуществления оптимального управления во всех звеньях, пока не установлен. Однако можно утверждать, что он столь велик, что его переработку невозможно осуществить

без использования современных средств вычислительной техники.

При технологическом управлении поддерживаются заранее заданные величины регулируемых параметров. В экономическом же управлении нет заранее заданных величин параметров: эти величины непрерывно определяются в зависимости от изменяющихся внешних условий по заранее заданным законам (взаимодействие элементов системы с внешней средой).

Технологическое управление ТЭС, основанное на использовании физических критериев - термодинамических, электрических, химических и механических, реализуется при помощи систем, которые осуществляют непосредственное (во многих случаях без прямого участия человека) воздействие на эксплуатационные параметры оборудования. К таким параметрам относятся мощность, давления, температуры, расходы, уровни, скорости вращения роторов, электрические величины и др.

Экономическое управление, основанное на использовании стоимостных критериев, реализуется при помощи оптимизационных систем (необходимость отыскания условий оптимальности). К ним относятся системы оптимизации эксплуатационных параметров (оптимальное планирование эксплуатации оборудования), оптимизации конструктивных и проектных параметров (оптимальное планирование реконструктивных работ), оптимизации запасов (оптимальное планирование оборотных средств) и оптимизации материального воздействия на персонал (оптимальное материальное стимулирование).

Результаты оптимизации эксплуатационных параметров - эксплуатационных значений нагрузки, вакуума, температуры уходящих газов, параметров горения и т.д. - используются для воздействия на эти параметры наряду с воздействием технологического управления.

Результаты оптимизации конструктивных параметров (проектных значений установленной мощности, вакуума, температуры уходящих газов, параметров горения и т.д.) используются для изменения соответствующих элементов оборудования - конденсационных устройств, хвостовых поверхностей парогенератора, горелочных устройств и др. Изменение конструктивных параметров оказывает соответствующее воздействие на эксплуатационные параметры.

Результаты оптимизации запасов (топлива, материалов, запасных частей и т.п.) влияют на оптимальные значения эксплуатационных и конструктивных параметров и служат для разработки планов материально-технического обеспечения.

Результаты СТУ и СЭУ определяются при помощи соответствующих информационных систем, дающих техническую и экономическую информацию о работе оборудования и изменениях, происшедших в нем (управление процессами системы на основе передачи и приема информации). На основе указанной информации организуются перечисленные ранее обратные связи, включая определение прибыли электростанции и степени воздействия персонала всех уровней управления на ее формирование, что позволяет оптимизировать материальное воздей-

ствие на персонал, т.е. материальное поощрение работников в соответствии с их реальным вкладом в формирование технико-экономических показателей ТЭС (регулирование процессов на основе применения принципов обратной связи).

Для организации обратных связей при технологическом управлении необходима только техническая информация. Для организации же таких связей при экономическом управлении необходима помимо технической информации и экономическая.

Технологическое управление ТЭС реализуется на современном этапе главным образом при помощи децентрализованных или централизованных систем управления [1, 5].

Экономическое управление реализуется при помощи алгоритмов оптимального управления, математических программ и соответствующей вычислительной техники. Получение необходимой информации в настоящее время сложности не представляет, поскольку для этой цели разработано и уже функционирует достаточно большое количество разнообразных информационных систем.

## 8. Функционально – алгоритмический синтез АСУ

Проблемы функционально-алгоритмического синтеза АСУ как человеко-машинных систем должны занять ведущее место в научной тематике соответствующих организаций. Решение этих проблем связано с необходимостью углубленного понимания сути и назначения создаваемых систем, источников и путей повышения их эффективности.

Исходной проблемой рассматриваемого направления является анализ и обобщение данных об эффективности функционирования действующих АСУ энергоблоками ТЭС и АЭС. Возможность и своевременность этих работ обусловлена массовым внедрением таких систем в 1970 ÷ 2010 г.г. на Украине, в России, других странах СНГ, а также многих зарубежных объектах.

Результатами изучения и анализа опыта этих объектов должно стать понимание общих закономерностей эффективного функционирования АСУ и выработаны конкретные рекомендации по их построению и совершенствованию. Учитывая высокую ценность опыта эксплуатации вышеупомянутых систем, следует считать, что ни одна законченная разработка АСУ не может считаться серьезной без углубленных исследований на стадии «Анализ функционирования».

В рамках проблемы функциональной надежности АСУ главными задачами сейчас являются изучение реального уровня надежности действующих систем, а на основе его результатов - развитие способов аналитической проектной и экспериментальной оценки показателей функциональной надежности АСУ в целом и исследование взаимосвязи показателей надежности и эффективности АСУ (в том числе - для систем с децентрализацией в функциональной и технической структурах).

Центральная проблема функционально-алгоритмического синтеза - научно обоснованное построение развернутых функциональных структур

АСУ как человеко-машинных систем управления. Решение этой проблемы в значительной мере опирается на результаты предыдущего анализа; на методы имитационного моделирования и включает четкое формулирование целей и назначения создаваемых систем; выбор соответствующих показателей социальной, экономической, технологической, технической и др. составляющих ожидаемого эффекта. Узловой в проблеме является задача распределения функций между человеком и автоматическими техническими средствами («машиной»), то есть выбор рациональной степени автоматизации функций АСУ.

Основная проблема функционально-алгоритмического синтеза «машинной» части АСУ - повышение ее «интеллектуального» уровня.

Базовая задача решения проблемы - построение и применение в АСУ математических моделей энергетических объектов управления. Математические модели, описывающие поведение объектов управления либо в пространстве переменных состояния (традиционные динамические модели), либо в пространстве лингвистических переменных (ситуационные модели), должны стать типичным компонентом математического обеспечения создаваемых АСУ. Разработка и применение моделей для целей контроля и управления должны приобрести системный характер.

Должны быть продолжены работы в рамках проблемы создания систем «искусственного интеллекта», а также новых методов и средств человеко-машинного управления объектами энергетики. Эти методы и средства должны базироваться на аппарате формальной и «нечеткой» логики; теории фреймов; теории классификации; логико-лингвистических моделей принятия решений и формальных способов вывода управляющих рекомендаций.

Цель подобных работ - создание АСУ для трудноформализуемых объектов, управление которыми основывается на экспертных знаниях, пополняемых по мере эксплуатации систем на реальном объекте как путем «внутреннего самообучения», так и путем общения с экспертами на языке, близком к естественному.

Важной задачей «интеллектуализации» является также применение формализованных способов принятия оптимальных (или близких к квазиоптимальным) решений по управлению. Построение таких алгоритмов принятия решений опирается на современные методы теории управления и позволяет автоматически выбирать управляющие воздействия, диагностирующие решения, оценки состояний и ситуаций и т.д.

Разработка математических моделей и решение других задач создания «интеллектуальных» автоматов позволяет ставить и решать на принципиально новом уровне задачи непосредственного цифрового управления (НЦУ) с использованием современного аппарата теории автоматического управления и вычислительных средств нового поколения.

Повышение интеллектуального уровня создаваемых АСУ даст возможность перейти от разработок информационно-вычислительных систем к более эффективным современным АСУ с автоматизирован-

ными функциями принятия решений и, тем самым, существенно повысить степень автоматизации их функционирования.

Наконец важной, но мало изученной проблемой рассматриваемого направления является разработка комплексной организации деятельности человека в АСУ. К ней относятся задачи научно обоснованного синтеза организационных структур АСУ с учетом возможностей человека как активного звена замкнутой системы управления; синтез рациональных стратегий поведения операторов АСУ в различных ситуациях; изучение роли человека как субъекта управления; формирование требований к техническим и программным средствам взаимодействия «человек - машина».

---

### 9. Создание, типизация и унификация технических средств

---

Серьезное внимание проблемам функционально - алгоритмической синтеза создаваемых АСУ можно уделить только при развитии работ в области типизации и унификации, для чего необходимо решить ряд кардинальных проблем.

Первоочередной проблемой в этой области является создание и планомерное накопление фондов технических, программных и методических типовых решений (ТР). Ее выполнение будет способствовать дальнейшему переносу центра тяжести работ «обеспечивающего» типа (то есть работ, связанных с созданием технического и с некоторым отставанием «по фазе» программного обеспечения АСУ).

Задачами научных и общесистемных организаций является разработка: унифицированных технических решений по структуре, математическому и организационному обеспечению для тиражирования АСУ тепловых и атомных энергоблоков различной мощностью; специального программного обеспечения и комплекта сопровождающей его документации, реализующих надежное и эффективное выполнение с помощью средств вычислительной техники типовых алгоритмических решений и обеспечивающих возможность широкого тиражирования аналогичных систем в энергетической отрасли силами монтажно-наладочных организаций.

Другая проблема - развитие и освоение промышленных (автоматизированных) методов проектирования АСУ. Ее решение опирается на широкое использование создаваемых сейчас методических, математических и программных средств, а также оснащенных вычислительной техникой полигонов для частичной автоматизации работ по функционально-алгоритмическому синтезу АСУ; для автоматизированного программирования; для выбора технических структур АСУ и для других аналогичных работ.

В значительной степени решение этой проблемы будет опираться на создаваемые фонды ТР и выполняться силами специализированных организаций.

В рамках проблемы САПР АСУ должна быть развернута разработка новых методов и языковых средств описания предметной области проектирования и автоматического использования ее

элементов для генерации комплекса программных средств, отвечающих условиям, сформулированным проектировщиком при интерактивном взаимодействии. Методы и средства основаны на теории семантических сетей, способах индуктивного и дедуктивного вывода и предназначены для обеспечения индустриального проектирования АСУ в тепловой и атомной энергетике.

Главная цель этих работ - создание технологии интерактивного проектирования АСУ в тепловой и атомной энергетике; языков проектирования и средств их программной поддержки в виде системы автоматизированного проектирования, реализуемой на комплексе необходимых вычислительных средств.

Узловой проблемой в области типизации, решение которой должно обеспечить согласованность усилий и эффективное взаимодействие между разработчиками АСУ, является создание систем типовых решений (СТР). Основное внимание должно при этом уделяться синтезу типовых функциональных структур и их элементов и, на этой основе, формирование требований ко всем ТР, входящих в состав соответствующей СТР.

---

### 10. Децентрализация и интеграция структур АСУ

---

Пятое направление общесистемных научных работ должно быть посвящено отработке принципов построения АСУ новых структурных типов и включает в себя две основные проблемы: децентрализацию и интеграцию в АСУ.

Научная проблематика, связанная с созданием децентрализованных АСУ, стала актуальной в связи с последними достижениями в области микро - электронной вычислительной техники. Эта проблема должна решаться двумя путями:

- во-первых, с помощью макетирования и промышленного опробования отдельных решений (узлов, подсистем, функций) в действующих АСУ с дальнейшим обобщением полученных результатов;

- во-вторых, путем исследований аналитических и численных моделей децентрализованных систем с учетом функциональных возможностей, экономичности, надежности и динамической точности изучаемых решений. Результаты таких исследований позволят получить в ближайшее время конкретные рекомендации по выбору рациональной степени децентрализации в АСУ.

Научные проблемы интеграции в многоуровневых системах управления крупными тепловыми и атомными электростанциями требуют для своего решения постановки как общесистемных теоретических и экспериментальных исследований, так и проведения специальных работ в области технических, информационных и программных средств для создания таких систем [2, 6].

---

### 11. Заключение

---

Таким образом, на основе анализа отечественного и зарубежного опыта создания АСУ энергоблока-

ми на ТЭС и АЭС Украины, а также их модернизации, совершенствования и тенденций дальнейшего развития на ближайшую перспективу могут быть сделаны следующие основные выводы:

1. В энергетике необходима массовая замена устаревших систем контроля и управления на большинстве блоков ТЭС; модернизация выработавших свой проектный ресурс АСУ на действующих энергоблоках ТЭС; разработка АСУ с учетом повышенных требований безопасности достраиваемых блоков АЭС и модернизируемых энергоблоков ТЭС.

2. В качестве определяющего критерия при выборе соответствующего варианта модернизации или создания новой АСУ должен быть срок фактической эксплуатации объекта управления.

3. На Украине за многие годы сложился круг организаций, имеющих опыт проектирования, разработки и внедрения автоматизированных систем управления на отечественных и зарубежных ТЭС и АЭС: Киевский и Харьковский ТЭП'ы, Львовский ОРГРЭС, Донтехэнерго, ХИКА, АО «Импульс», НПО «Хартрон», ПО «Монолит», СП «Вестрон» и др. Накоплен также многолетний опыт сотрудничества этих организаций при выполнении работ по АСУ ТП. В этих условиях украинские организации Минтопэнерго и других ведомств имеют возможность сохранить за собой место на рынке АСУ в энергетике, если будут разработаны и реализованы отраслевые программы модернизации или замены средств АСУ ТП, отличающиеся от западных

аналогов более низкой стоимостью, открытостью архитектуры с возможностью совмещения работы старых технических средств с новыми и поэтапного их замещения.

4. При модернизации или разработке новых АСУ необходимо тщательно проанализировать накопленный многолетний опыт их эксплуатации на различных отечественных и зарубежных объектах.

5. Наряду с развитием функциональных возможностей этих систем, исходя из требований обеспечения надежной, безопасной, высокоманевренной и экономичной работы энергооборудования; одновременно необходимо уделить значительное внимание совершенствованию технического обеспечения АСУ на базе последних достижений в этой области.

6. Максимальная унификация решений при разработке АСУ для ТЭС и АЭС, возможность которой подтверждена многолетним опытом, позволит существенно сократить трудовые и материальные ресурсы на их разработку, внедрение и последующее тиражирование.

7. Наряду с созданием новых и модернизацией эксплуатирующихся АСУ энергоблоками необходимо существенно активизировать работы по созданию интегрированных АСУ ТЭС и АЭС, т.к. полномасштабный эффект от внедрения АСУ электростанцией в целом может быть получен только при полной ее автоматизации как основной подсистемы АСУ энергосистемы.

---

#### Литература

1. Дуэль М. А. Автоматизированное управление объектами и технологическими процессами тепловых и атомных электростанций / М. А. Дуэль. – Харьков, ЧП «КиК», 2010. – 448 с.
2. Дуэль М. А. Актуальность создания интегрированной АСУ электростанцией / М. А. Дуэль // Энергетика и электрификация. – 2010, № 8. - С. 18 – 26.
3. Ермаков В. С. Автоматизированные системы экономического управления тепловыми электростанциями / В. С. Ермаков, В. А. Минков, М. Л. Миркин. – М.: Энергия, 1970. - 272 с.
4. Попырин Л. С. Математическое моделирование и оптимизация теплоэнергетических установок / Л. С. Попырин. – М.: Энергия, 1978. – 416 с.
5. Плетнев Г. М. Автоматизированные системы управления объектами тепловых электростанций / Г. М. Плетнев. – М.: Изд – во МЭИ, 1995. - 352 с.
6. Прангишвили И. В. Основы построения АСУ сложными технологическими процессами / И. В. Прангишвили, А. А. Амбарцумян. – М.: Энергоатомиздат, 1994. - 305 с.