

УДК 621.311.25

## **Повышение безопасности, надежности, экономичности и продление срока службы оборудования предприятий тепловой энергетики средствами новых компьютерных технологий подготовки оперативного персонала**

*Рабенко В. С., канд. техн. наук, Мошкарин А. В., д-р техн. наук*  
Ивановский государственный энергетический университет

*В статье анализируется состояние развития информационных технологий для подготовки оперативного персонала ТЭС. Рассматриваются аспекты развития имитационного математического моделирования динамики управляемых технологических процессов для компьютерных тренажерных систем (КТС). Обсуждаются вопросы качества подготовки и возможности КТС для получения оперативным персоналом профессиональных знаний, навыков и умений.*

**Введение.** По данным ОРГРЭС [1] суммарная мощность турбинного оборудования, исчерпавшего свой парковый ресурс, к 2005 году достигнет 46,3 % от установленной мощности «Центрэнерго», а к 2010 году она увеличится до 58,6 %. Для обеспечения энергетической безопасности Центрального региона России в настоящее время существует тенденция продления паркового ресурса тепловых электрических станций. Прежде всего это касается мощных конденсационных блоков ГРЭС. Продлен парковый ресурс ГРЭС: Конаковской (8х300 МВт), Костромской (4х300 МВт), Черепетской (4х140 МВт), Киришской (3х300 МВт), Щекинской (2х200 МВт).

Положение на ряде ТЭЦ еще хуже. Оборудование ТЭЦ давно уже эксплуатируется за пределами установленного паркового ресурса или имеет износ основных производственных фондов на уровне 50 % и выше [1].

Продление паркового ресурса достигается в результате комплекса работ по реконструкции и замене оборудования, диагностике остаточного ресурса оборудования, внедрению нового поколения АСУ ТП, повышению качества обучения и натренированности оперативного персонала.

Одним из направлений успешного продления срока службы оборудования ТЭС является повышение качества обучения и натренированности оперативного персонала, постоянное поддержание его профессиональных данных на уровне, обеспечивающем резкое снижение отказов и аварий по его вине.

В документах РАО «ЕЭС России» [2-4] отмечается высокая доля вины оперативного персонала, особенно персонала котлотурбинных цехов, в авариях, повреждениях оборудования, технологических нарушениях.

Доля аварий по вине персонала на современном этапе развития энергетики достаточно высока и по некоторым оценкам [5] составляет от 15 до 40 %, а нарушений в работе по вине персонала происходит от 25 до 80 %.

*Согласно [6] авария (accident) – любое непреднамеренное событие, включая ошибки во время эксплуатации, отказы оборудования или другие неполадки, реальные или потенциальные последствия которого не могут игнорироваться с точки зрения защиты или безопасности.*

**Состояние подготовки персонала.** Существующая система непрерывной подготовки, переподготовки и повышения квалификации персонала энергопредприятий регламентируется рядом руководящих документов электроэнергетической отрасли (РД 34), основными из которых являются [7-16]. Однако ряд нормативных документов [13, 16], в силу структурных изменений в электроэнергетической отрасли, явно устарел. Это не позволяет энергопредприятиям перейти на качественно новый уровень организации подготовки персонала на собственной базе средствами новых информационных технологий, путем создания собственного структурного подразделения – учебно-тренировочного пункта (УТП). В то же время согласно правилам, изложенным в [7, 8]

«...13.2. Специальная подготовка персонала должна проводиться с отрывом от выполнения основных функций не реже одного раза в месяц и составлять от 5 до 20 % его рабочего времени. 13.3. В объем специальной подготовки должно входить:

- выполнение учебных противоаварийных и противопожарных тренировок, имитационных упражнений и других операций, приближенных к производственным;
- изучение изменений, внесенных в обслуживаемые схемы и оборудование;
- ознакомление с текущими распорядительными документами по вопросам аварийности и травматизма;
- проработка обзоров несчастных случаев и технологических нарушений, происшедших на энергетических объектах;
- проведение инструктажей по вопросам соблюдения правил технической эксплуатации, производственных и должностных инструкций;
- разбор отклонений технологических процессов, пусков и остановок оборудования».

При этом существующая нормативная база не регламентирует организационной структуры, что практически сводит подготовку персонала к формальному виду на несовершенной технической базе.

Анализ существующей на ТЭС системы подготовки свидетельствует о том, что мотивами ошибок в работе оперативного персонала являются:

- неудовлетворительная организация подготовки работников из числа оперативного персонала;
- низкая противоаварийная натренированность;
- несовершенство информационного обеспечения нормативно-технической документацией (НТД);
- несовершенство производственных инструкций в части регламентирования ведения режимов эксплуатации оборудования и действий в аварийных ситуациях.

Расследование аварий, повреждений и технологических нарушений в работе оборудования указывает на то, что основными причинами ошибок в работе персонала являются:

- а) при ведении режимов пуска:
  - несоблюдение алгоритма выполнения пусковых операций;
  - превышение регламентируемых скоростей прогрева металла ответственных элементов турбины;
  - нарушение правил перевода оборудования из одного оперативного состояния в другое;
  - недостаточное знание динамики переходных процессов;
- б) при отклонении режима работы оборудования за пределы нормируемого состояния:
  - несвоевременное диагностирование отклонений на ранней стадии их возникновения в состоянии оборудования по контролируемому перечню значений параметров сред и механических величин;
  - недостаточные знания взаимообусловленности и взаимоподчиненности динамики управляемых процессов в нестационарных режимах;
  - недостаточное чувство времени в развитии переходных процессов и последовательности событий.

В то же время возможности и доступность информационных технологий показывают, что кардинальное решение проблемы повышения качества подготовки персонала возможно прежде всего средствами всесторонней компьютеризации:

обучения, проверки знаний, противоаварийного тренажа, информационного обеспечения.

**Тенденции информатизации при подготовке персонала ТЭС.** Сегодня в этом направлении значительных успехов достигли отечественные АЭС, которые в период постановки их под контроль МАГАТЭ (Международное агентство по атомной энергии) были вынуждены в кратчайшие сроки воссоздать собственные УТП или УТЦ (учебно-тренировочный пункт, центр) в качестве самостоятельных структурных подразделений, укомплектовать штатом инструкторов и методистов из числа высококвалифицированных специалистов, активно внедрять новейшие информационные технологии. В настоящее время при каждой АЭС функционирует на постоянной основе УТП или УТЦ, выполняя весь непрерывный цикл работы с персоналом по широкому перечню должностей: отбор, обучение, специальную подготовку, переподготовку, повышение квалификации, аттестацию.

Очевидно, что для ТЭС решение проблемы качества персонала также должно основываться на создании собственных УТП на базе компьютерных технологий. УТП как самостоятельное структурное подразделение со штатом высококвалифицированных специалистов обеспечит выполнение требований руководящих документов в части подготовки персонала. Внедрение компьютерных технологий позволит приблизить процесс получения знаний, навыков и умений к реальному рабочему месту оператора.

Следует отметить, что непосредственно оперативный персонал крайне заинтересован в компьютеризации процесса собственной подготовки, прежде всего по таким направлениям:

- обучение на должность;
- проверка знаний;
- противоаварийная подготовка;
- оперативное информационное обеспечение.

**Компьютеризация процесса получения профессионально-ориентированных знаний** средствами компьютерных технологий в представлении оперативного персонала должна выражаться в следующем:

- самостоятельное получение или восстановление общетеоретических знаний в объеме требований должностной инструкции;
- получение комплексных знаний по всем аспектам обслуживания, контроля и действий применительно к своему рабочему месту;
- разъяснение положений производственных инструкций и руководящих документов отрасли в объеме требований должностной инструкции.

**Проверка знаний положений НТД.** Положения отраслевых РД [7, 8] подразделяют проверку знаний на первичную и периодическую (очередную и внеочередную). Объем знаний руководящих документов отрасли (РД 34), специальных правил, положений производственных инструкций, требований нормативно-технических документов Госгортехнадзора РФ и т.д. определен должностной инструкцией работника энергопредприятия и достаточно внушителен. Положение усугубляется хроническим запаздыванием поступления вновь изданных, переизданных и исправленных НТД [17] конкретным должностным лицам.

Компьютеризация проверки знаний положений НТД на этапе предэкзаменационного тестирования – это первое, что активно внедряется на энергопредприятиях в сфере организации работы с персоналом.

Именно это направление прикладного применения информационных технологий выявило острую заинтересованность подконтрольного персонала в компьютеризации процесса усвоения НТД с возможностью свободного доступа для самоподготовки и самотестирования. Немаловажно отметить, что компьютерные системы подобной направленности кроме проверки знаний позволяют повысить качество знаний;

оперативно доводить положения вновь изданных НТД; обеспечить непрерывное изучение НТД.

Интересно отметить, что соревнования по профессиональному мастерству специалистов ведущих профессий тепловых электростанций «Центрэнерго» [3] с поперечными связями, состоявшиеся на базе АО «Волгоградэнерго» (2000 г.), лишней раз показали значимость знаний положений НТД. Соревнования проводились по пяти этапам:

1. Проверка знаний руководящих документов и нормативно-технической документации.
2. Оказание доврачебной помощи.
3. Оценка психофизиологических возможностей и операторских способностей участников соревнований.
4. Проверка профессионального мастерства на противоаварийных тренажерах.
5. Ликвидация пожаров и загораний.

Как судьями, так и соревнующимися особое внимание и важность придавалась четвертому этапу.

Сравнительный анализ результатов соревнований участников ТЭЦ с поперечными связями и блочных ТЭС выявил следующее:

1. Ведущие ГРЭС «Центрэнерго» показали сравнительно близкие и очень высокие результаты на всех этапах соревнований, что свидетельствует о хорошей подготовке персонала и его высоких профессиональных качествах.

2. Соревнования представителей ТЭЦ с поперечными связями дали неожиданный, но и закономерный результат - уровень знаний НТД определяет качество эксплуатации, что и выявилось при проведении противоаварийных тренировок.

**Результаты прохождения командами этапа №1 и общий итог соревнований 2000 г. в г. Волжском**

Команда	Результаты	Место (этап №1)	Итоговое место (этапы № 1-5)
Волгоградэнерго	1368.0	1	1
Мосэнерго	1315.0	2	2
Тамбовэнерго	1202.5	3	4
Костромаэнерго	1168.5	4	3
Тверьэнерго	1152.0	5	6
Липецкэнерго	1128.5	6	5
Воронежэнерго	1122.0	7	7
Владимирэнерго	1087.5	8	10
Рязаньэнерго	1053.0	9	12
Нижновэнерго	1043.5	10	11
Вологдаэнерго	1043.0	11	9
Курскэнерго	1016.0	12	14
Белгородэнерго	1008.0	13	16
Орелэнерго	984.0	14	8
Ивэнерго	978.0	15	13
Астраханьэнерго	974.5	16	15
Тулэнерго	915.0	17	17
Ярэнерго	867.5	18	18

Итоговые места результатов соревнований по сумме баллов при прохождении всех этапов практически один в один повторили распределение мест по результатам прохождения этапа №1 – проверка знаний НТД на базе компьютерной системы "Допуск" [18, 19].

Очевидно, что компьютерная проверка комплексных знаний правил, норм и инструкций по большому перечню вопросов эксплуатации (ПТЭ, ПТБ, ППБ, ПБГХ,

ПУБЭ котлов и т.п.) достаточно представительно выявляет уровень профессиональной подготовки персонала.

**Противоаварийная подготовка персонала.** Наиболее ответственными этапами подготовки оперативного персонала являются: а) обучение правилам безопасного ведения режимов работы оборудования; б) комплексная проверка знаний, навыков и умений при ликвидации аварийных ситуаций и приведение оборудования в границы безопасного состояния.

Именно этим этапам специальной подготовки персонала [7, 8, 10-12, 14, 20-22] всегда уделялось особое внимание. Основной технической базой противоаварийной подготовки до последнего времени являлись УФТ и ПФТ (участковый; полномасштабный физический тренажер) [15], в состав которых входит точная физическая копия МЩУ или БЩУ (местный; блочный щит управления).

В настоящее время качество противоаварийной подготовки персонала можно обеспечить средствами новых информационных технологий – компьютерными тренажерными системами (КТС). Активно проводя в жизнь политику компьютеризации подготовки персонала, РАО «ЕЭС России» выпустило ряд документов [2, 4, 23], направленных на ускорение внедрения КТС.

Все возрастающая потребность рынка в КТС побудила к развитию отечественного направления прикладного имитационного математического моделирования сложных динамических систем (ИММ СДС) реального времени с высокой степенью подобия воспроизведения всережимного поведения реального объекта-прототипа. В общем случае под объектом понимается энергетический блок.

Применение компьютерного тренажера может дать возможность получить:

- достаточный объем функций оператора в части управления и контроля технологическими процессами;
- любые эксплуатационные режимы, включая и режимы с наложением аварийных ситуаций;
- высокую адекватность воспроизведения информации и динамики процессов по отношению к объекту-прототипу;
- подобие функций реального времени ручного, дистанционного и автоматического управления;
- простой и наглядный интерфейс, не разрушающий приобретенных знаний, навыков, умений и не противоречащий функциям реального рабочего места.

С осознанием возможности реализации данной задачи средствами новейших интеллектуальных технологий оперативный персонал предъявляет достаточно высокие требования к тренажеру в части моделирования всережимной динамики управляемых процессов. Персонал видит в нем возможность получить инструмент всестороннего познания реального объекта-прототипа для получения знаний, навыков и умений: ведения режимов работы оборудования; распознавания нарушений и отклонений на ранней стадии их возникновения; анализа предыстории возникновения и развития аварийных ситуаций; выполнения собственных действий по приведению оборудования в границы безопасного состояния.

Более того, тенденция формирования представления о КТС со стороны ТЭС достаточно устойчива как о копии эксплуатируемого объекта-прототипа со всеми присущими ему индивидуальными особенностями в части технологических решений, динамики процессов, состава органов управления, перечня контролируемых величин, отображения информации.

Формирующиеся требования к КТС как к техническому средству противоаварийной подготовки оперативного персонала, анализа и исследования на всережимной модели объекта-прототипа различных ситуаций по своей постановке задачи сопоставимы с требованиями стандарта США [24] на тренажерные системы. Стандарт ANS/ANSI-3.5

определяет максимальную погрешность имитационного моделирования управляемых процессов: а) стационарных режимов нормальной эксплуатации – не более 5 %; б) нестационарных режимов нормальной эксплуатации – до 10 %; в) аварийных режимов – правильная, качественная направленность процессов.

Отечественный нормативный документ [15] на комплексные тренажеры (ПФТ) определяет статическую точность моделирования:  $\pm 2\%$  для основных технологических параметров и  $\pm 10\%$  для вспомогательных технологических величин.

Руководящий документ [23] «Нормы годности программных средств подготовки персонала энергетики» не устанавливает четких требований к адекватности моделирования режимов нормальной эксплуатации и аварийных:

*«... 3.1.1.2. Допущения, принимаемые при построении моделей, должны обеспечивать воспроизведение качественно верной физической картины происходящих в объекте процессов во всех воспроизводимых на тренажере режимах работы объекта.*

*... 3.1.1.5. Должна обеспечиваться достаточная точность модели – когда отклонение в поведении моделируемых параметров от поведения реальных параметров настолько мало, что практически не различается обучаемыми и допускается экспертами при приемке тренажера.*

*... 3.1.1.6. Должно обеспечиваться сохранение реального (а в ряде режимов – и ускоренного) масштаба времени при воспроизведении моделируемых процессов на ЭВМ тренажера».*

КТС для подготовки операторов АЭС реализуются на базе специальных программных пакетов в операционной среде UNIX на дорогостоящей многопроцессорной аппаратной базе [25, 26]. По экономическим соображениям и направленности технического решения такой подход не устраивает массовую тепловую энергетику:

1. ТЭС идут по пути создания корпоративных сетей коллективного пользования на базе ПЭВМ массового применения под управлением ОС Windows. В связи с этим требуется развитие и становление технологий ИММ СДС, удовлетворяющих этим условиям.

2. Массовое внедрение КТС при их относительно невысокой стоимости программного продукта невозможно без развития специализированной программной среды автоматизированного создания КТС - САПР КТС.

Существующие разработки САПР КТС теплоэнергетических систем в настоящее время несовершенны и не позволяют создать полноценный продукт, удовлетворяющий требованиям потенциального массового потребителя.

Заявленные [27, 28] программные пакеты подобной направленности предлагают банк моделей отдельных элементов технологических систем (ТС) и прилагаемый к ним программный конструктор моделей внешнего уровня. Однако конечный продукт – КТС по полноте и динамике воспроизведения процессов по отношению к объекту-прототипу не позволяет получить желаемый результат. Достаточное воспроизведение динамики процессов, как правило, ограничено отдельными режимами или ситуациями в установленных пределах изменения моделируемых величин для отдельных ТС. Однако тренажер по отдельной ТС, являющейся функциональной частью СДС, не является полноценным с позиций адекватности воспроизведения взаимосвязанных динамических процессов и восприятия ее подготавливаемым оператором как части единой СДС. Очевидно, что КТС по полноте моделирования должен быть полномасштабным и всережимным в том объеме, который является достаточным по воспроизведению основных функций управления, контроля и поступления информации по отношению к реальному рабочему месту подготавливаемого оператора.

В связи с этим, по мнению авторов, можно прогнозировать, что по мере накопления опыта ИММ СДС становление САПР КТС будет идти по пути создания банка

комплексных ИММ по составу типового основного оборудования (котлоагрегат, турбоустановка, конденсатор и т.п.), унифицированных технологических систем (конденсационная установка, группа ПНД, деаэрационная установка, группа ПВД и т.п.) с возможностью их адаптации к конкретной работе через редактор настройки моделей внешнего уровня. Мнение, что при готовом САПР КТС заказчик (ТЭС) собственными силами, под свои условия, самостоятельно создаст тренажер, глубоко ошибочно. ИММ СДС – высокоинтеллектуальные технологии и реализоваться они должны специализированными коллективами. Кроме того, если предположить возможность появления такой САПР КТС на рынке программных продуктов, стоимость его явно будет превышать затраты на создание готового КТС в единичном исполнении.

**Проблемы развития ИММ СДС.** Анализ текущего состояния развития и прикладного применения динамических моделей энергетической направленности позволяет выявить ряд проблем.

1. На настоящее время идет становление научных направлений разработки ИММ оборудования ТЭС и накопление опыта.

2. Рыночная стоимость КТС энергоблока на данном этапе не покрывает трудозатрат на разработку программного продукта.

В связи с этим сложилось ограниченное число творческих коллективов, работающих в этой области.

3. Нельзя не учитывать фактора лоббирования интересов ряда разработчиков в целях монополизации рынка компьютерных технологий, что существенно сдерживает массовое оснащение ТЭС компьютерными тренажерами.

Анализ востребованности КТС позволяет выявить стремление ТЭС усовершенствовать и оснастить процесс собственной подготовки персонала тренажерными системами, адаптированными под индивидуальные особенности эксплуатации объектов-прототипов.

4. Нет централизованной программы на долгосрочную перспективу тотальной компьютеризации всех этапов процесса подготовки персонала.

5. Нет системы поддержки отечественных разработчиков КТС при достаточно емком рынке потребления.

6. Нормативная документация в части организации тренажерной подготовки устарела и не определяет форму и структуру перехода ТЭС на современные информационные технологии. Проблема может найти свое решение путем создания при каждой ТЭС выделенного структурного подразделения (УТП) со своим штатом инструкторов.

Следует предположить, что в существующей системе подготовки на собственной учебной базе именно внедрение КТС выдвинет вопрос о создании УТП при каждой ТЭС в число наиболее важных, т.к. сложные компьютерные технологии потребуют высокопрофессионального сопровождения для эффективного их использования.

7. Нормативная документация не определяет для энергопредприятий направления внедрения новых информационных технологий для подготовки персонала.

**Перспективы развития ИММ СДС.** Внедрение на ряде ТЭС нового поколения автоматизированных систем контроля и управления технологическими процессами (АСУ ТП) на базе программно-технических комплексов (ПТК) [29] ставит задачу создания «гибридных» КТС (рис. 1).

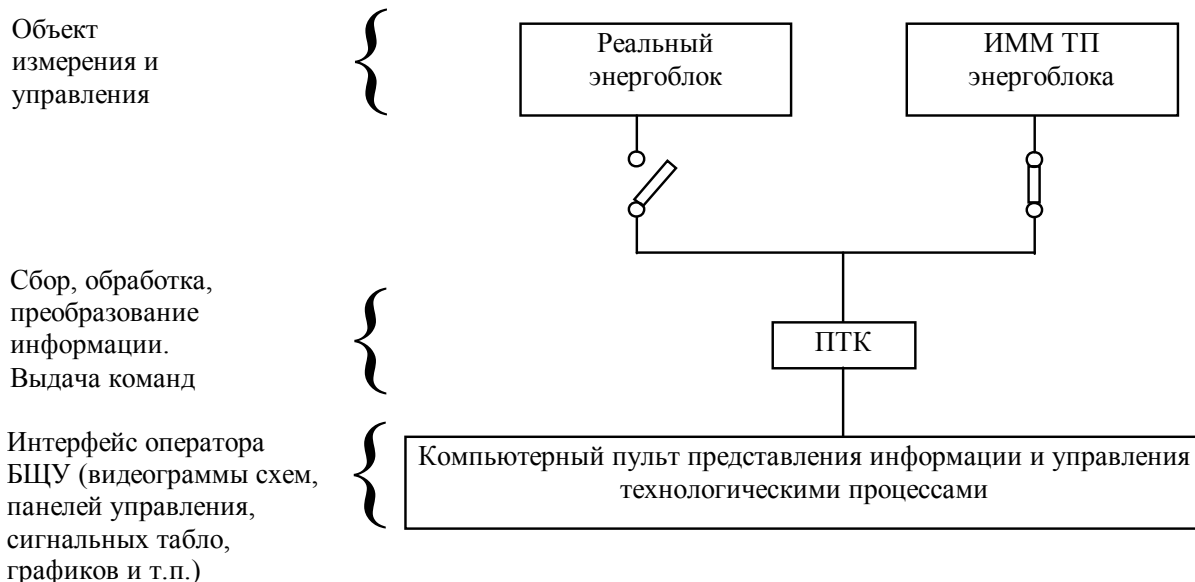


Рис. 1. Структура построения «гибридной» КТС на базе ПТК

Перспектива перехода к всережимным КТС нового поколения, не разрушающим рабочего места оператора по каналам поступления информации, динамике и функциям оперативного управления, позволяет решить многие проблемы тренажерной подготовки персонала, прежде всего в части приобретения т.н. моторных навыков [20, 22].

Успехи, достигнутые в области разработки всережимных ИММ СДС, и представление операторов о КТС как инструменте познания и исследования реального объекта-прототипа способствуют созданию экспертных систем (ЭС) третьего поколения [30] – динамических (ДЭС) в целях оснащения операторов на рабочем месте в качестве системы поддержки принятия решений в аварийных ситуациях (рис. 2.) по энергоблоку в целом.

Следует обратить внимание на то, что основу стратегических программ по информатике развитых государств [30] составляют исследования и разработка ЭС. Вложения в эту область только США превышают несколько млрд дол. в год.

Целевая программа РФ [31] в части развития НИОКР в области новых технологий информационных систем предусматривает на 2002 – 2006 годы финансирование в объеме 412,4 млн р., в том числе (млн р.): 65 – на разработку базовых технологий ИММ СДС; 36,3 – для создания комплексов ситуационного моделирования и тренажерных систем нового поколения, ориентированных как на специализированные аппаратные решения, так и на спектр недорогих персональных компьютеров массового применения.





Рис. 2. Общие принципы построения ДЭС оценивания СДС, функционирующей в реальном времени

### Выводы

1. Актуальность непрерывной противоаварийной подготовки оперативного персонала энергопредприятий на современном этапе развития тепловой энергетики приобрела новую остроту прежде всего по следующим причинам:

- стабильно высокой доле вины персонала;
- возросшей цене ошибок персонала;
- старению парка эксплуатируемого оборудования;
- продлению срока службы оборудования сверх нормативного.

2. Средствами новых информационных технологий, прежде всего в сфере подготовки персонала энергопредприятий, можно существенно, по качественным и количественным показателям, повысить надежность, безопасность и экономичность энергопроизводства на всех этапах жизненного цикла.

3. Число аварий и нарушений в работе энергопредприятий по вине персонала может быть значительно уменьшено путем организации систематической подготовки персонала на компьютерных тренажерах, имитирующих с высокой степенью адекватности управляемую динамику эксплуатируемого технологического процесса во всех режимах его работы, включая и аварийные ситуации.

4. Следует отметить тот факт, что отечественные технологии прикладного имитационного моделирования для создания компьютерных тренажерных систем (КТС) в области теплоэнергетики находятся на этапе перехода к массовому производству всережимных тренажеров в общеблочной постановке задачи под конкретные технологические условия потребителя.

5. Тенденции востребованности тренажерных систем для подготовки персонала позволяют спрогнозировать:

- оснащение нарастающими темпами большинства электростанций КТС, адаптированными под конкретные условия технологического процесса энергопроизводства;
- развитие КТС на базе спектра относительно недорогих ПЭВМ массового применения в составе корпоративной компьютерной сети предприятия с поэтапным расширением состава рабочих мест тренируемых;
- создание на базе КТС структурного подразделения электростанции – учебно-тренировочного пункта (УТП) или класса (УТК) для ведения непрерывного процесса подготовки, проверки знаний и противоаварийного тренажа персонала всех категорий.

6. Перспективы развития и становления имитационного математического моделирования всережимной динамики сложных управляемых технологических систем в аспекте разработки КТС открывают пути для создания и внедрения на передовых энергопредприятиях интеллектуальных информационных динамических систем реального времени в общеблочной постановке задачи для целей оптимального управления, диагностики, экспертного оценивания, прогнозирования, планирования и поддержки принятия решений.

### Список литературы

1. Мошкарин А. В., Смирнов А. М., Ананьин В. И. Состояние и перспективы развития энергетики Центра России; Под ред. А. В. Мошкарин / Иван. гос. энерг. ун-т.- Москва – Иваново, 2000.- 192 с.
2. О совершенствовании эксплуатации турбинного оборудования ТЭС. Приказ РАО «ЕЭС России» №307 от 23.08.1999 г. - М.: РАО «ЕЭС России».- 20 с.
3. О проведении соревнований персонала энергопредприятий. Приказ РАО «ЕЭС России» №538 от 30.12.1999 г.- М.: РАО «ЕЭС России».- 5 с.
4. О первоочередных мерах по повышению надежности работы ЕЭС России: Оперативное указание ОУ-08-01-ВП от 22.01.2001 г. Разд. 6. Совершенствование управления надежностью профессиональной деятельности персонала. Мероприятия № 6.22, 6.23, 6.27, 6.32.
5. Антошин Д. В., Анохин А. Н. Разработка прототипа системы поддержки оператора АЭС, основанной на фреймах // Научная сессия МИФИ – 2002: Сб. науч. тр. В 14 т. Т.3. Интеллектуальные системы и технологии. М.: МИФИ, 2002.- С. 206-207.
6. Международные основные нормы безопасности для защиты от ионизирующих излучений и безопасного обращения с источниками излучения. - Вена: МАГАТЭ, 1997.
7. РД 34.12.102-94. Правила организации работы с персоналом на предприятиях и в учреждениях энергетического производства: Утв. РАО «ЕЭС России» 29.04.94; Разраб. Департамент генеральной инспекции по экспл. электростанций и сетей, Севзапэнергонадзор, Центрэнергонадзор, Южэнергонадзор, Департамент

- эксплуатации энергосистем и электрических станций. Дирекция по работе с персоналом и подготовке кадров РАО «ЕЭС России».- М.: СПО ОРГРЭС, 1994.- 62 с. Изменение №1 к РД 34.12.102-94.- М.: СПО ОРГРЭС, 1995.- 1 с. Изменение №2 к РД 34.12.102-94.- М.: РАО «ЕЭС России», 1995. – 1 с.
8. Правила работы с персоналом в организациях электроэнергетики Российской Федерации.- М.: ЗАО «Энергосервис», 2000.- 110 с.
9. **РД 34.12.104.** Положение о непрерывном профессиональном и экономическом обучении рабочих кадров в системе Минэнерго СССР: Утв. Минэнерго СССР 10.10.88; Разраб. Отд. подготовки кадров Минэнерго СССР.- М.: Авангард, 1988.- 22 с.
10. **РД 34.12.201-88.** Правила проведения противоаварийных тренировок персонала электрических станций и сетей Минэнерго СССР: Утв. Гос. инспекцией по эксплуатации электростанций и сетей 12.08.88; Разраб. Южтехэнерго.- М.: СПО «Союзтехэнерго», 1989.-48 с. Изменение №1 к РД 34.12.201-88.- М.: СПО «Союзтехэнерго», 1990.- 1 с.
11. **РД 34.12.203.** Перечень тем противоаварийных тренировок оперативного персонала ТЭС: Утв. Гос. инспекцией по эксплуатации электростанций и сетей 10.10.86; Разраб. Южтехэнерго.- М.: СПО «Союзтехэнерго», 1987.- 56 с.
12. **РД 34.12.204.** Техническое задание на программы тренировок оперативного персонала по отработке навыков переключений в распределительных устройствах на базе ЭВМ энергосистем: Утв. Минэнерго СССР 28.08.89; Разраб. Южтехэнерго, ЦДУ ЕЭС СССР.- М.: СПО «Союзтехэнерго», 1990.- 11 с.
13. **РД 34.12.301.** Основные научно-технические требования к созданию отраслевой системы подготовки эксплуатационного персонала энергопредприятий с использованием технических средств: Утв. Минэнерго СССР 10.07.87; Разраб. Минэнерго СССР, Главэнерго, Гос. инспекция по эксплуатации электростанций и сетей, ПО «Союзтехэнерго», Южтехэнерго, ВНИИ АЭС, ВГНИПКИИ АЭС; Срок действ. установлен с 01.01.88.- М.: СПО «Союзтехэнерго», 1987.- 64 с.
14. **РД 34.12.302.** Указания по построению комплекса обучающих и тренажерных систем для подготовки эксплуатационного персонала энергоблоков ТЭС, АЭС, предприятий электросетей, энергосистем и объединений: Утв. Минэнерго СССР 17.06.86; Разраб. Южтехэнерго.- М.: СПО «Союзтехэнерго», 1986.- 20 с.
15. **РД 34.12.303.** Основные технические требования к комплексным тренажерам для подготовки эксплуатационного персонала энергоблоков тепловых электростанций: Утв. Минэнерго СССР 17.06.86; Разраб. ПО «Союзтехэнерго», ГИВЦ Минэнерго УССР, ЦДУ ЕЭС СССР, НПО «Промавтоматика»; Срок действ. установлен с 31.12.89.- М.: СПО «Союзтехэнерго», 1988.- 20 с.
16. **РД 34.12.304-88.** Программа работ по совершенствованию отраслевой системы подготовки эксплуатационного персонала и созданию центров и пунктов тренажерной подготовки на энергопредприятиях Минэнерго СССР на 1988-1990 гг. и до 2000 г.: Утв. Минэнерго СССР 30.12.88; Разраб. ПО «Союзтехэнерго», Энергосетьпроект, МЭИ.- М.: СПО «Союзтехэнерго», 1989.- 50 с.
17. Указатель руководящих документов электроэнергетической отрасли (РД 34) (по состоянию на 01.01.2000 г.): Утв. РАО «ЕЭС России»; Разраб. СПО ОРГРЭС.- М.: СПО ОРГРЭС, 2000.- 106 с.
18. Свидетельство РАО «ЕЭС России» № 14 о соответствии «Нормам годности программных средств подготовки персонала энергетики», выданное РАО «ЕЭС России» от 11.04.2001 г.
19. Свидетельство №2001610871 об официальной регистрации программы для ЭВМ «Компьютерный тренажер энергоблока 300 МВт». – М.: Роспатент, 2001.
20. Свидетельство №2001610872 об официальной регистрации программы для ЭВМ «Компьютерная система «ДОПУСК» для автоматизированной проверки знаний

- персонала энергопредприятий нормативно-технической документации». – М.: Роспатент, 2001.
21. Подготовка персонала в энергетике – нормы и тенденции / Э.К. Аракелян, М.Х.-Г. Ибрагимов, В. С. Каекин и др. // Известия Академии промышленной экологии 2000:- №3. – С. 34-37.
22. Сергеев А. Н., Охотин В. В. Аттестация программных средств подготовки персонала с использованием норм годности // Энергетик. – 2001.- №5.- С. 27-28.
23. Технические и программные средства для обучения персонала (опыт Мосэнерго) / А. Н. Ремезов, И. Т. Горюнов, В. Н. Воронков и др. // Энергетик.- 2001.- №5.- С.25-26.
24. РД 153-34.0-12.305-99. Нормы годности программных средств подготовки персонала энергетике: Утв. РАО «ЕЭС России» 02.06.99; Разраб. Департамент генеральной инспекции по эксплуатации электростанций и сетей и финансового аудита, АО ГВЦ энергетике, МГУ, Новочеркасский гос. университет; Южный центр подготовки кадров «Южэнерготехнадзор»; Срок действ. установлен с 01.10.99.- М.: РАО «ЕЭС России», 1999.- 36 с.
25. American national Standart nuclear power plant simulators for use operator training. ANS/ANSI-3.5.- 1985.
26. Полномасштабные тренажеры для АЭС на базе программного комплекса БАГИРА / А. Р. Веселовский, А. Ф. Животягин, А. Е. Крошили, В. Е. Крошили // Теплоэнергетика.- 1999.- №6.- С. 38-44.
27. Окада К. Внедрение полномасштабного тренажера на АЭС «Онагава» // Атомная техника за рубежом.- 1999.- №7.- С. 22-23.
28. Система автоматизированного проектирования и разработки моделей теплогидравлических систем / Ю. В. Краюшкин, Е. В. Минаев, М. А. Осадчий, А. И. Сипайло и др. // <http://ets.mephi.ru/tso/koi/sim.htm>.
29. Башмаков А. И. Башмаков И. А. Технологии и инструментальные средства проектирования компьютерных тренажерно-обучающих комплексов для профессиональной подготовки и повышения квалификации // Информационные технологии.- 1999.- №7.- С. 39-45.
30. Применение ПТК «Квинт» для создания АСУ ТП теплового блока / Н. И. Давыдов, А. А. Назаров, Н. В. Смородов и др. // Приборы и системы управления.- 1997.- №11.- С. 9-13.
31. Попов Э.В. Экспертные системы – состояние, проблемы, перспективы // Известия АН СССР. Техническая кибернетика.- 1989.- №5.- С. 152-162.