

УДК 621.311.25

## Компьютерные тренажеры как средство повышения качества профессиональной подготовленности операторов

Рабенко В. С., канд. техн. наук.

Ивановский государственный энергетический университет

*В работе рассматриваются вопросы качества подготовки операторов и возможности компьютерных тренажерных систем, предназначенных для получения оперативным персоналом энергопредприятий профессиональных знаний, навыков и умений.*

**Введение.** В настоящее время проблема надежной работы персонала в электроэнергетике обостряется по ряду причин, к которым, прежде всего, следует отнести следующие:

- рост процента физически устаревшего оборудования, эксплуатируемого за пределами паркового ресурса при несовершенстве действующей системы диагностики [1];
- отсутствие мирового опыта эксплуатации оборудования сверх установленного срока его службы;
- несоответствие морально устаревшего АСУ ТП современным условиям знакопеременных нагрузок на электро- и тепломеханическое оборудование;
- несовершенство производственной документации;
- несовершенство и консерватизм системы подготовки операторов и недопонимание ее значимости лицами, формирующими стратегию энергопроизводства.

В результате увеличивается напряженность труда персонала и возрастает вероятность возникновения аварий с тяжелыми последствиями.

Отчетные показатели надежности энергопроизводства РАО «ЕЭС России» свидетельствуют, что за последние годы количество технологических нарушений, вызванных ошибками персонала, составляет около 5% от общего числа технологических нарушений.

Однако существующая система классификации аварийных событий, не исключая элементов субъективного характера, несовершенна и способствует занижению роли человеческого фактора. Проведенный нами анализ показал, что количество технологических нарушений, произошедших по вине персонала, по меньшей мере вдвое больше.

Концептуальная модель оператора системы «человек-машина» (СЧМ) [2], рассматриваемая как совокупность представлений оператора о целях и задачах деятельности, состояниях объекта воздействия и способов управления ими, в значительной мере формируется устаревшей системой подготовки операторов на энергопредприятиях.

Цель подготовки оперативного персонала – дать по возможности больше знаний, навыков и умений ведения различных режимов работы объекта управления. Поставленная цель может быть достигнута только в том случае, если концептуальная модель оператора СЧМ строится и совершенствуется на прототипе рабочего места оператора СЧМ.

Алгоритм подготовки оперативного персонала кратко можно представить в следующем виде: *Оперативные: ЗНАНИЯ + НАВЫКИ + УМЕНИЯ.*

**Требования к тренажеру.** Безусловно, высокой профессиональной подготовленности операторов СЧМ можно достичь только постоянной, подчеркнем, регулярной подготовкой на тренажерах.

Согласно [2], тренажер – техническое средство, предназначенное для профессиональной подготовки операторов СЧМ, отвечающее требованиям методик подготовки,

реализующее модель СЧМ и обеспечивающее контроль качества деятельности обучаемого. Здесь под СЧМ (система «человек-машина») понимается система, включающая в себя оператора СЧМ, машину, посредством которой он осуществляет трудовую деятельность, а также среду на рабочем месте.

Руководящий документ концерна «Росэнергоатом» [3] ввел следующие понятия.

Аналитический тренажер (АТ) – программно-технический моделирующий комплекс, предназначенный для подготовки оперативного персонала БЩУ с использованием полномасштабной математической модели энергоблока, функционирующей в реальном масштабе времени.

Полномасштабный тренажер (ПМТ) – программно-технический моделирующий комплекс, предназначенный для профессиональной совместной подготовки оперативного персонала БЩУ с использованием полномасштабной модели реального БЩУ и комплексной всережимной математической модели энергоблока, функционирующей в реальном масштабе времени.

Руководящий документ электроэнергетической отрасли [4] ввел понятие – компьютерный тренажер (КТ). Это тренажер, в составе которого и модель объекта управления, и рабочие места обучаемых и инструктора реализуются на базе персональных компьютеров (ПЭВМ).

Подробный анализ инцидентов в энергосистемах показывает, что для персонала характерны два вида ошибок: моторные и понятийные (рис. 1).

1. Неверные «механические» действия в условиях стрессового состояния при дефиците времени оператора (оператор путает органы управления, нарушает последовательность операций). Неоправданное изменение оперативного состояния оборудования, вызванное подобными действиями, усугубляет аварийную ситуацию.

2. Неверное понимание ситуации. Особенно это опасно при выходе контролируемых величин за границы состояния нормального режима. В этой ситуации оператор выполняет свои функции принятия решения и управления как правило при недостатке информации, дефиците времени и отсутствии известного алгоритма управления. В этом состоянии оператор может допустить ряд серьезных ошибок в своих действиях, ухудшая положение объекта управления, или находясь в состоянии шока, не предпринимать никаких мер по ликвидации аварийной ситуации.

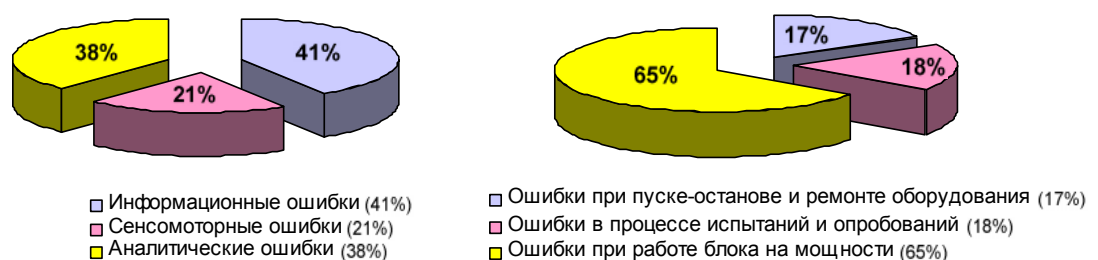


Рис. 1. Соотношение типов ошибок оперативного персонала [8]

Профессиональное умение оператора осуществлять деятельность с заданным качеством в условиях стрессогенных ситуаций, максимально приближенных к реальным, достигается только на тренажере.

Прежде всего определим *требования к тренажеру с позиции формирования качественной и надежной концептуальной модели оператора СЧМ.*

При нормальной работе объекта управления оператор выполняет преимущественно функции контроля, так как режим поддерживается средствами автоматики. Однако в режимах нормальной эксплуатации всегда существует вероятность возникновения отказа в работе оборудования или появления возмущений со стороны потребителей энер-

гии. Поэтому оператор должен всегда находиться в состоянии высокой готовности к действию. Степень готовности к действию – важный показатель надежности оператора как звена системы управления. В этих режимах оператор определяет эффективность и своевременность тех или иных действий при появлении отклонений технологических параметров.

В пуско-остановочных режимах при выполнении операций по переводу оборудования из одного оперативного состояния в другое (оперативное состояние оборудования: в работе, в резерве, в ремонте, в консервации), деятельность оператора, как правило, полностью регламентирована соответствующими инструкциями. Пуско-остановочные режимы объекта управления выполняются поэтапно. Состояние и выполнение каждого этапа оценивается оператором на основе анализа информации. Ведение пуско-остановочных и переходных режимов вызывает у оператора высокое психофизиологическое напряжение, вследствие необходимости одновременного анализа большого потока информации, осуществления большого числа управляющих действий в определенной последовательности и в заданные промежутки времени, соблюдения временных интервалов и скоростей изменения контрольных величин объекта управления.

Чувство динамики энергоустановки, приемов анализа информации, понимания предыстории событий, безошибочное выполнение алгоритмов управления может быть выработано у оператора только путем постоянных тренировок в условиях максимально приближенным к реальным.

Рассмотрим требования к тренажеру с позиций: *модель объекта управления, объем моделирования, пульт управления, аппаратная база тренажера, программное обеспечение.*

1. Модель объекта управления – всережимная модель, функционирующая в реальном масштабе времени, верифицированная по отношению к объекту-прототипу [3].

2. Объем моделирования тренажера [3] как состав технологических систем и оборудования, средств управления и контроля, панелей управления, режимов работы энергоустановки, отказов и нарушений в работе оборудования - должен воспроизводить объект-прототип.

3. Пульт управления [3] – адекватные объекту-прототипу информационные и моторные поля, органы управления.

4. Аппаратная база тренажера [5] – серийные, относительно недорогие ПЭВМ.

5. Программное обеспечение (ПО) тренажера – работа под ОС Windows; носитель информации – диск, стандартная процедура запуска тренажера, возможность запуска ПО на любой совместимой аппаратной базе.

Учитывая, что энергетическая отрасль встала на путь внедрения нового поколения АСУТП, базирующейся на компьютерных технологиях [6], настоящее и будущее за компьютерными тренажерами, воспроизводящими поведение объекта-прототипа в различных режимах его работы (рис. 2).

#### **Возможности подготовки операторов на компьютерных тренажерах.**

1. Отработка алгоритмов ведения различных режимов.
2. Развитие чувства динамики.
3. Получение знаний предыстории событий.
4. Развитие интуиции.
5. Адаптация к стрессовым ситуациям.
6. Исследование и анализ нештатных ситуаций.
7. Отработка собственных действий в предполагаемых ситуациях, основанных на принятых оперативных решениях.

Именно компьютерные тренажеры подобного типа с доведением их до повседневного пользования оператора, позволят получить надежную концептуальную модель оператора СЧМ.

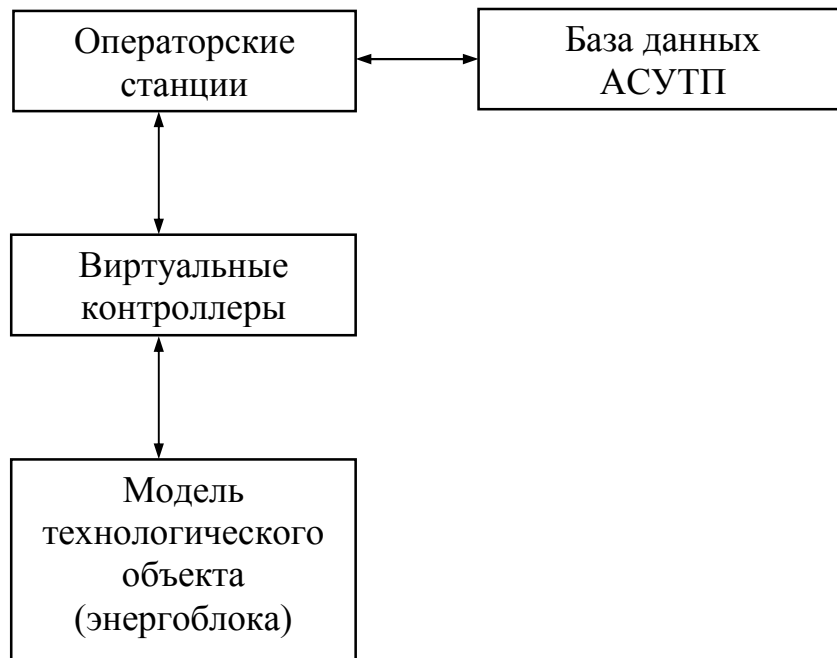


Рис. 2. Структура тренажера нового поколения на базе виртуального ПТК АСУТП объекта управления

### **К вопросу о новом поколении АСУТП на базе компьютерных технологий.**

Существующие информационные системы АСУТП энергоустановок имеют существенные недостатки:

1. Оператору предоставляется некоторый ограниченный и неорганизованный поток информации.
2. Представление оператора о реальном состоянии объекта не корректируется и не поддерживается последовательной регистрацией событий.

Новое поколение АСУТП решает эти задачи, но не исключает оператора из СЧМ.

Мнение о том, что кардинальное решение проблемы загруженности оперативного персонала и снижения аварийности – полная автоматизация объекта управления, не обосновано ни с технической, ни с экономической точек зрения.

Энергетические объекты характеризуются множественностью элементов и их связей, иерархичностью построения, неполной познаваемостью количественных характеристик.

Поэтому человек-оператор принципиально необходим. Это связано с тем, что человек в отличие от любого технического устройства способен [7]:

- использовать широкий контекст для требуемого уменьшения (исключения) неопределенности, не прибегая к формализации;
- отличать существенные признаки от несущественных;
- использовать неявные ориентиры;
- комплексно воспринимать ситуацию и предусматривать ее развитие.

Помимо сказанного, участие человека в системе управления объектом делает ее (систему) целеустремленной.

Тенденции развития систем управления энергетическим объектом таковы, что роль оперативного персонала все более сводится к контролю за функционированием оборудования и вмешательствам при возникновении нестандартных ситуаций, т.е. ситуаций, требующих принятия решений.

На пути внедрения нового поколения АСУТП есть ряд проблем, требующих их обоснованного решения:

- исключение «туннельного» предоставления информации оператору средствами визуализации [8] (Примечание. Под «туннельным» эффектом мы понимаем сжатие информационно-управляющего поля и появление навигационных функций. Оператор, используя средства навигации, перемещается по «туннелям», не имея доступа к полному объему информации, который ограничен размерами дисплеев);
- предоставление необходимого и достаточного объема информации;
- организация оптимального информационно-управляющего интерфейса;
- определение роли оператора в АСУ пусковыми режимами;
- организация системы поддержки принятия решений операторами.

Все это обуславливает повышение роли персонала объектов энергетики при обеспечении надежной работы энергосистем.

**Опыт создания компьютерных тренажеров энергоблоков-прототипов.** В Ивановском государственном энергетическом университете (ИГЭУ) в качестве самостоятельного хозрасчетного структурного подразделения создан учебно-научный центр тренажеров энергетики (УНЦТЭ). Основным направлением УНЦТЭ являются компьютерные технологии обеспечения систем подготовки персонала и поддержки принятия решений.

Впервые разработаны КТ блоков-прототипов:

- газомазутного моноблока 300 МВт для ОАО «Костромская ГРЭС» [9];
- пылеугольного энергоблока 300 МВт для ОАО «Рязанская ГРЭС» [10].

На заключительном этапе изготовления находится тренажер пылеугольного энергоблока ОАО «Новочеркасская ГРЭС».

Все тренажеры имеют индивидуальные характеристики и по объему моделирования воспроизводят соответствующие блоки-прототипы.

1. Тренажер газомазутного энергоблока 300 МВт ОАО «Костромская ГРЭС» (Блок-прототип ст. №5: котлоагрегат ТГМП-314, турбина К-300-240 ЛМЗ, смешивающий ПНД-2, Д-10 ата, топливо: газ/мазут/в смеси) для подготовки персонала КТЦ (Свидетельство РАО «ЕЭС России» №19).

2. Тренажер пылеугольного энергоблока 300 МВт ОАО «Рязанская ГРЭС» (Блок-прототип ст. №1: котлоагрегат Пп-990/255 (П-59), турбина К-300-240 ЛМЗ, поверхностные ПНД, Д-7 ата, РОУ прогрева, схема пылеприготовления прямого вдувания с молотковыми мельницами, топливо: бурый уголь (несколько наименований)/мазут/газ/в смеси). Тренажер находится в опытной эксплуатации.

3. Совместно с ОАО «Новочеркасская ГРЭС» ведется разработка тренажера пылеугольного блока 300 МВт с турбиной К-300-240 ХТГЗ, котлоагрегатом ТПП-210А, системой пылеприготовления с промежуточным бункером и шаровыми мельницами. Топливо: Донецкий АШ, мазут, газ, в смеси.

4. Совместно с ОАО «Рязанская ГРЭС» впервые в РФ ведется разработка компьютерного тренажера энергоблока 800 МВт, модернизированного современной полномасштабной АСУТП на базе последнего поколения программно-технического комплекса (ПТК) «КВИНТ».

Все компьютерные тренажеры, разрабатываемые УНЦТЭ ИГЭУ [11], рассчитаны для работы в локальной или корпоративной компьютерной сети ТЭС под управлением ОС Windows в одноранговой сети Microsoft на серийно выпускаемых ПЭВМ.

#### **Отличительная особенность тренажеров:**

- целевое назначение - подготовка оперативного персонала КТЦ к конкретным условиям ТЭС;
- воспроизведение различных режимов работы энергоблоков-прототипов;
- нелинейное моделирование динамических процессов энергоблока в реальном или ускоренном масштабах времени [11];
- конструирование различных отказов и нарушений в работе оборудования (рис. 3);

- выполнение функций обучающихся на тренажере в соответствии с положениями местной инструкции по эксплуатации.

Интерфейс тренажера, организация информационных и моторных полей тренажера направлены на снижение эффекта «замочной скважины» («туннельного эффекта») [8] и педагогически активны.

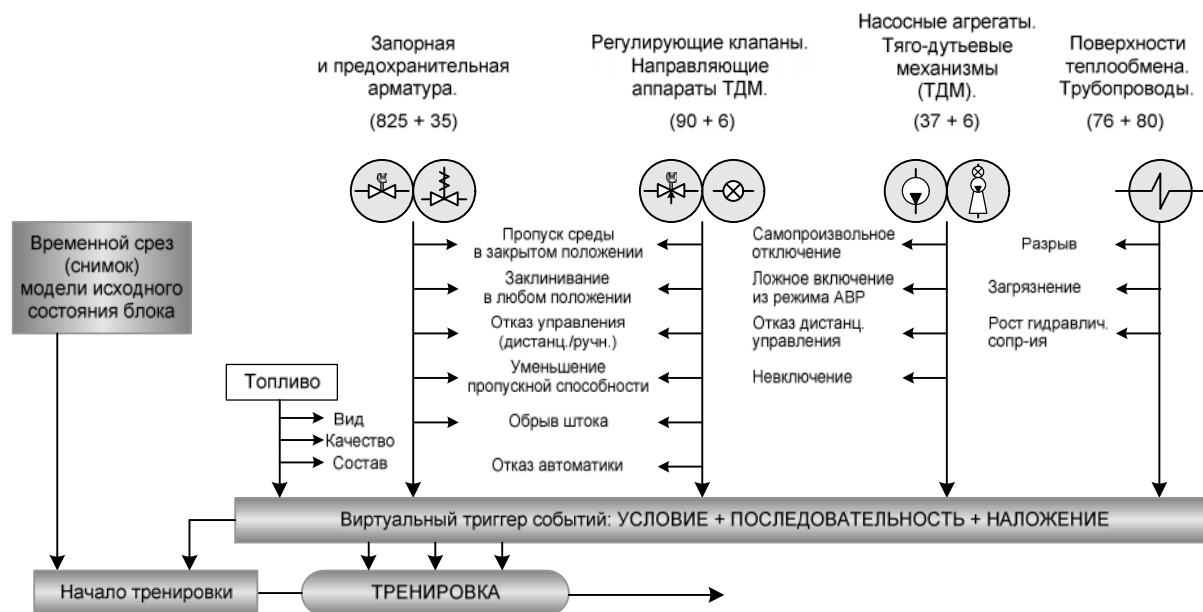


Рис. 3. Концепция АРМа инструктора тренажера блока-прототипа 800 МВт ОАО «Рязанская ГРЭС» [1]

Визуализация сменных форм мнемосхем, панелей управления, сигнальных табло, трендов разнесена по соответствующим полям.

С методической точки зрения информационные и моторные поля умеренно загружены информацией, функционально закончены и несут достаточный для оператора объем информации.

Система оценки действий оператора на тренажере способствует закреплению знаний и пониманию регламентирующих норм инструкции по эксплуатации.

Тренажеры сопровождаются учебно-методическим обеспечением (УМО) двойного назначения: обучение и поддержка принятия решения. В систему поддержки принятия решений (СППР) входят следующие компоненты:

- со стороны инструктора:

1. Цели и задачи подготовки персонала.
2. Описание ПО тренажера.
3. Рабочее место (АРМ) инструктора.
4. Сценарии противоаварийных тренировок.
5. Эталонные тренировки.
6. Редактор протокола тренировки.
7. Редактор компоновки полей тренажера.
8. Уставки защит, сигнализации, блокировок.
9. Результаты тепловых испытаний блока.

- со стороны обучаемого на тренажере:

1. Инструкция по эксплуатации в электронном виде.
2. Электронный альбом оперативных схем.
3. Алгоритмы пусков блока из различных тепловых состояний.
4. Алгоритмы срабатывания сигнализаций, защит, блокировок.

Следует отметить, что именно данное направление тренажеростроения наиболее востребовано в настоящее время.

**Тенденции развития компьютерных тренажерных систем.** ОАО «Рязанская ГРЭС» на энергоблоке 800 МВт впервые внедрила полномасштабную версию АСУТП

нового поколения на базе программно-технического комплекса (ПТК) КВИНТ фирмы НИИТеплоприбор [13]. До этого момента энергопредприятия внедряли преимущественно информационную часть ПТК КВИНТ на традиционных блочных щитах управления (БЩУ).

Отход от традиционных средств контроля и управления и переход на современные информационные технологии управления энергоблоками открывает новые перспективы в решении вопросов надежности систем в неординарных ситуациях.

В настоящее время по заказу ОАО «РГРЭС» совместно с НИИТ ведутся работы по созданию компьютерного тренажера на базе виртуальной версии ПТК КВИНТ (рис. 4).

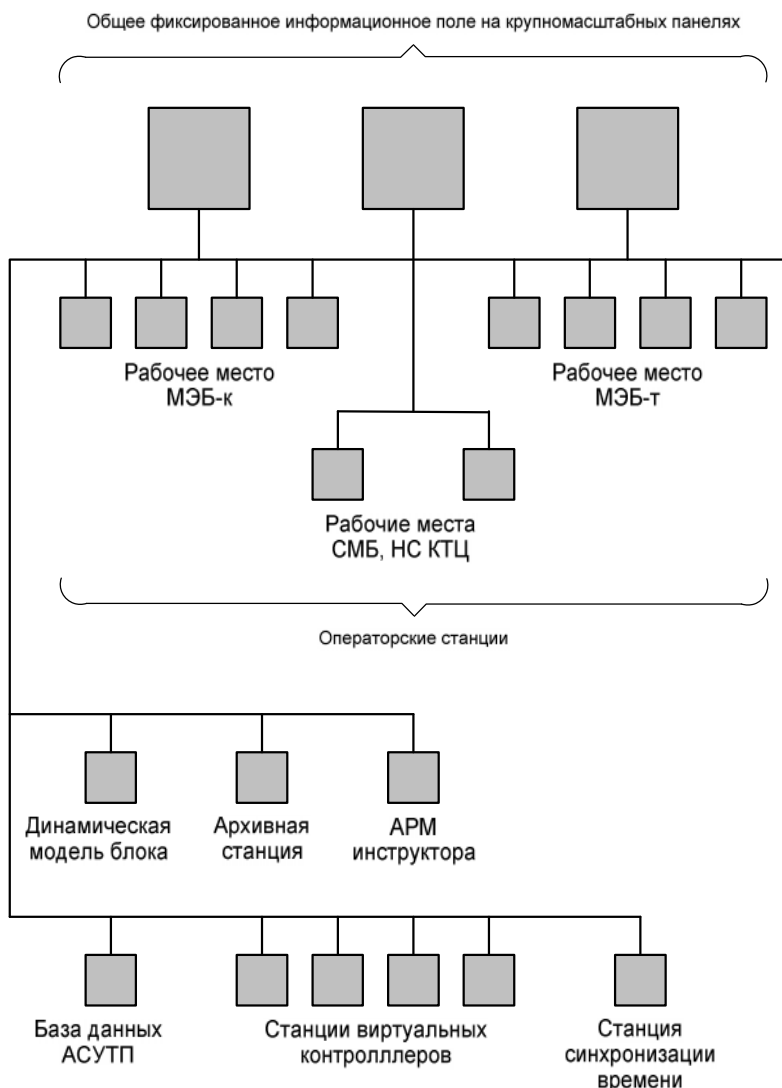


Рис. 4. Структура построения сетевого компьютерного тренажера энергоблока 800 МВт на базе ПТК КВИНТ

*ПТК КВИНТ – программно-технический комплекс Квинт предназначен для автоматизации технологических процессов на тепловых электростанциях. Это один из первых отечественных функционально полных комплексов [6].*

*В рамках Квинта решаются следующие задачи автоматизации: сбор и предварительная обработка информации; автоматическое регулирование; логико-программное управление; приоритетное управление; защита и блокировки; оперативное управление; сигнализация; архивирование информации; регистрация событий; неоперативные расчеты; передача информации.*

Решение задачи создания подобного тренажера снимает целый комплекс вопросов об адекватности функций оператора контроля и управления энергоблоком, расширяет возможности подготовки специалистов и открывает путь к совершенствованию АСУ ТП энергоблоков.

Первые совместные опыты специалистов НИИТ и УНЦТЭ ИГЭУ показали, что модель режимов работы энергоблока УНЦТЭ совместима с ПТК КВИНТ. Полученные результаты позволяют перейти к созданию полномасштабного КТ на базе нового поколения АСУ ТП.

## ВЫВОДЫ

1. Создание компьютерных обучающих средств как технической основы обучения операторов и их практическое использование – одно из главных направлений единой концепции надежной работы персонала в системах управления объектами энергетики.
2. Полномасштабные компьютерные тренажеры объектов-прототипов основа построения надежной концептуальной модели оператора СЧМ.
3. В настоящее и ближайшее будущее время противоаварийная подготовка операторов энергоустановок будет осуществляться на компьютерных тренажерах [12].

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Мошкарин А. В., Девочкин М. А., Шельгин Б. Л., Рабенко В. С.** Анализ перспектив развития отечественной теплоэнергетики/ Под ред. А. В. Мошкарин / Иван. гос. энерг. ун-т.- Иваново, 2002.- 256 с.
2. **ГОСТ 26387-84:** Система человек – машина. Термины и определения.
3. **РД ЭО 0278-01.** Требования к техническим средствам обучения для подготовки персонала атомной станции:/ Утв. концерном «Росэнергоатом» 2001; Разраб. ГП ВНИИАЭС.- 50 с.
4. **РД 153-34.0-12.305-99.** Нормы годности программных средств подготовки персонала энергетики. Утвержден РАО «ЕЭС России» от 02. 06. 1999 г.- 35 с.
5. **Рабенко В. С., Худобородов А. А.** Варианты построения пользовательского интерфейса сетевого компьютерного тренажера // Вестник ИГЭУ. Вып. 2.- Иваново, 2002.- С.22-27.
6. **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.**
7. **Дьяков А. Ф.** Надежная работа персонала в энергетике.- М.: Изд-во МЭИ, 1991.- 224 с.
8. **Анохин А.Н., Острейковский В. А.** Вопросы эргономики в ядерной энергетике. – М.: Энергоатомиздат, 2001.-344с.
9. **Свидетельство РФ №2001610871** об официальной регистрации программы для ЭВМ «Компьютерный тренажер энергоблока 300 МВт» / В.С. Рабенко и др. // М.: Роспатент от 18.07.2001 г.
10. **Свидетельство РФ №2002611744** об официальной регистрации программы для ЭВМ «Сетевой компьютерный тренажер пылеугольного энергоблока 300 МВт тепловой электрической станции» / В.С. Рабенко, В.С. Каекин, А.Л. Виноградов и др. // М.: Роспатент от 10.10.2002.
11. **Рабенко В. С.** Тренажеры для подготовки операторов энергооборудования // Изв. вузов. Электромеханика. 2003.-№4.- С. 70-76.
12. **Рабенко В. С., Мошкарин А. В.** Повышение безопасности, надежности, экономичности и продление срока службы оборудования предприятий тепловой энергетики



средствами новых компьютерных технологий подготовки оперативного персонала / Энергосбережение и водоподготовка. 2002.- №2.- С. 31-39.

13. **Морозов В. В., Гурылев О. Ю.** Полномасштабная АСУТП блоков 800 МВт ОАО «Рязанская ГРЭС» на базе ПТК «КВИНТ» // Датчики и системы.- 2003.-№12.- С. 5-7.