

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Бойко Е.А

Красноярский государственный технический университет,
кафедра «Тепловые электрические станции»

Эффективность и надежность работы энергетического оборудования во многом определяется уровнем эксплуатации технологических устройств, обусловленным квалификацией оперативного персонала [1]. Одним из рациональных способов проверки и повышения качества знаний, навыков, подготовки и тренинга оперативного персонала станции является применение автоматизированных обучающих систем (АОС) и программно-методических комплексов (тренажеров), имитирующих состав и режим работы основного и вспомогательного оборудования [2].

Конечной целью использования компьютерных обучающих систем и имитаторов энергетического оборудования является приобретение и развитие дидактических и инженерно-психологических навыков операторских специальностей с целью снижения аварийных отказов при эксплуатации тепломеханического оборудования. Решение поставленной задачи возможно на основе совершенствования когнитивной, регуляторной и коммуникативных функций эксплуатационного персонала, что, в свою очередь, достигается посредством конструирования процесса обучения и проверки базы знаний с использованием соответствующего программного обеспечения, а также правильного набора и сочетания проблемных задач [3]. При этом специализированное учебно-методическое и программное сопровождение должно обеспечивать совместную и индивидуальную подготовку операторов энергетического оборудования в полном объеме их функциональных обязанностей при наличии средств контроля и управления процессом обучения. Задачи, решаемые с помощью АОС и имитационных компьютерных тренажеров, должны порождать ситуацию выбора и использования знаний, характеризующихся определенным составом действий при работе, как на нормальном режиме, так и на режимах связанных с нарушениями, возникающими при эксплуатации оборудования [4].

В значительной степени вышеперечисленным требованиям соответствует учебно-методическое и программное обеспечение для отработки оперативных задач управления энергетическим оборудованием, в частности котельными агрегатами ПК-10Ш (ст. №5), БКЗ-320-140 (ст. №18), паротурбинными установками ПТ-60-90/13 (ст. №8), Р-85-8,8/0,2 (ст. №10) Красноярской ТЭЦ-1, котлоагрегата БКЗ-500-140 (ст. №6) Красноярской ТЭЦ-2, дубль-энергоблока К-160-130 (ст. №1) с котлоагрегатами ПК-38 Назаровской ГРЭС, разработанное на кафедре ТЭС КГТУ [5-7]. Данное обеспечение принято к внедрению и используются при подготовке оперативного персонала котельного и турбинного цехов соответствующих тепловых электростанций, а также различных служб ОАО «Красноярскэнерго». Учебно-методические и программные средства включают в себя учебно-методическое, организационное, технологическое, математическое, программное и техническое обеспечение при решении оперативных задач управления энергетическим оборудованием [8].

Учебно-методическое обеспечение представляет собой автоматизированную систему обучения (АОС) и проверки регламентируемой базы знаний персонала. Система состоит из четырех основных модулей реализующих следующие целевые функции: обучение – тренинг знаний; тестирование – проверка знаний; базу знаний – система вопросов и сведений по предмету обучения и тестирования; мастер базы вопросов – модуль создания базы знаний. Режимы тестирования и обучения осуществляются посредством набора тематических вопросов и соответствующих им вариантов ответов, оформленных в виде специализированных программ, имеющих тематическую направленность. База знаний содержит ком-

поненты, свойства которых, определяются требованиями подсистем по обучению и тестированию: база вопросов, справочные данные по вопросам, программы тестирования, результаты опросов. База вопросов, список программ и результаты тестирования реализованы на СУБД *Paradox*, и составляют базу данных АОС. В настоящей редакции база знаний содержит следующие виды тем, ориентированных на подготовку оперативного персонала: общие вопросы по теоретическим знаниям, а также принципам устройства и работы энергетического оборудования; технологические вопросы, связанные со знанием должностных инструкций и правил технической эксплуатации энергообъектов; характеристика основного и вспомогательного оборудования, а также схемы объекта; режимные вопросы, определяющие уровень знаний о причинах и последствиях изменения режимных параметров работы оборудования; правила техники безопасности.

Алгоритмическое и математическое обеспечение включает основные зависимости между параметрами и органами управления энергетических объектов в переменном масштабе времени. На рис. 1 приведена функциональная схема имитационного тренажера котла. Имитатор включает в себя описание исходных данных, рассматриваемой функциональной группы оборудования (ФГО) и алгоритмы моделирования [9]. В состав исходных данных входят: описание взаимосвязей параметров ФГО, представленное в виде математической модели; характеристики параметров объекта (название, номинальные и предельные значения, тип элемента, индикация и возможность использования в качестве управляющего воздействия); описание автоматических устройств.



Рис. 1. Функциональная схема имитационной модели тренажера энергетического объекта

Характер модели определяется набором режимных и аварийных задач, выполняющих когнитивную и практическую функции обучения персонала. К числу основных особенностей математической модели относятся: оперирование общими закономерностями взаимодействия потоков (энергетических, материальных и информационных), элементов и групп оборудования; описание объекта как совокупности функциональных групп оборудования, которые могут рассматриваться, как изолировано, так и во взаимосвязи; одновременное отражение в структуре задачи характеристик оборудования и сложившейся оперативной ситуации; соответствие модели способам обработки информации, которые оперативный персонал реально использует в своей деятельности [10].

Диалоговое обеспечение тренажера. Технологическая информация представляется оператору в виде фрагментов мнемосхем. Каждый фрагмент характеризует функционально законченную группу элементов основного и вспомогательного оборудования. Для объектов имеющих систему АСУ ТП (например, котлоагрегат БКЗ-500-140 ст. №5 с системой «Tele-

perm» (Siemens и ЗАО «Интеравтоматика»)) диалоговое обеспечение адекватно реальному информационному обеспечению, используемому на ТЭС, включая количество мониторов для отображения оперативной информации (рис. 2). Для объектов с традиционной системой управления диалоговое обеспечение тренажера представляет собой основной экран компьютерных тренажеров выполненный в виде трех окон и нижней статусной строки (рис. 3). В верхнем неизменном горизонтальном окне отображаются показания штатных приборов энергетического объекта. С помощью этого окна можно контролировать изменение всех основных параметров при выполнении процессов управления.

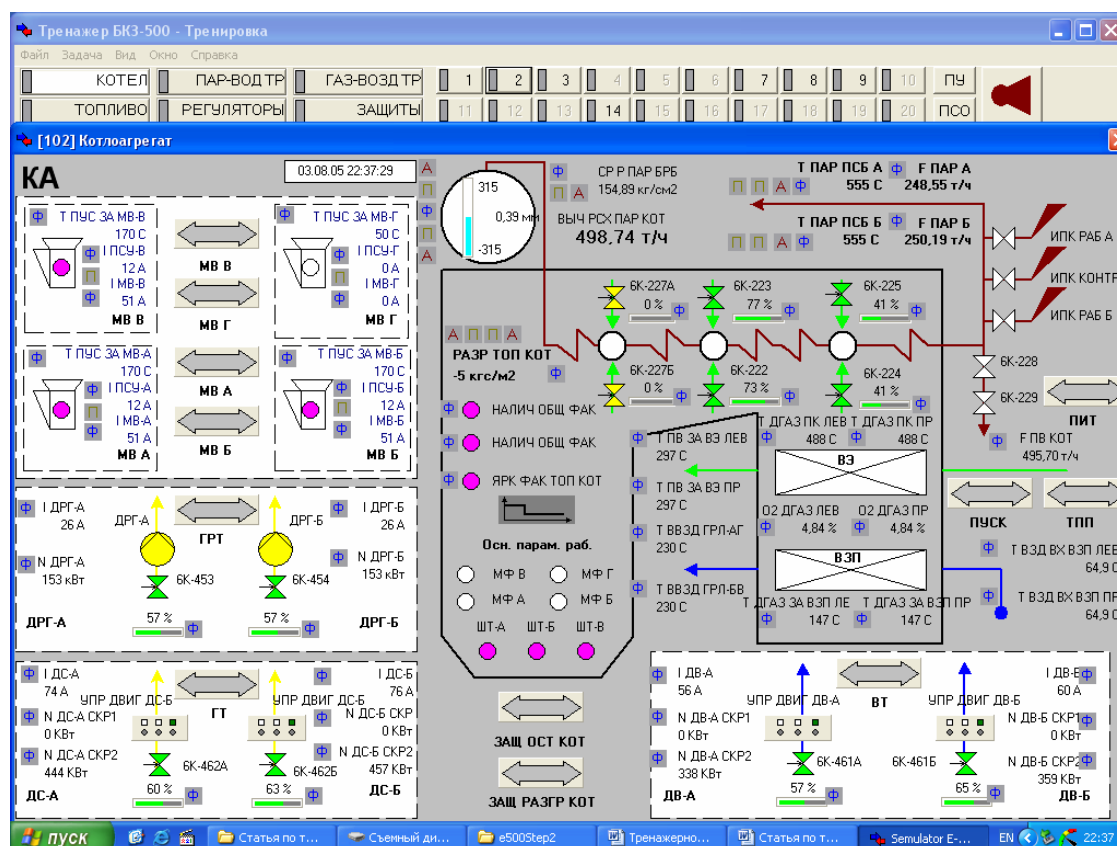


Рис. 2. Диалоговое обеспечения тренажера котлоагрегата БК3-500-140 (ст. №6) с системой АСУ ТП «Teleperm» (Siemens и ЗАО «Интеравтоматика»)

Под окном регистрирующих приборов располагается окно с содержимым одной из функциональных групп, представляющее собой схематичное изображение связей трактов основных потоков теплоносителей с соответствующими органами управления (здвижками, шиберами и т.д.). Переключение между функциональными группами осуществляется посредством выбора их из списка представленного в виде древовидной структуры. Работа оператора с имитационным тренажером осуществляется с помощью манипулятора «мышь». На случай выхода параметров за пределы уставок предусмотрена звуковая и цветовая сигнализация, срабатывание защит и блокировок. По окончании работы на тренажере появляется протокол решения задачи с указанием всех действий и переключений оператора, текущих, максимальных и минимальных режимных значений, оценка действий с указанием перечня нарушений и аварийных сообщений.

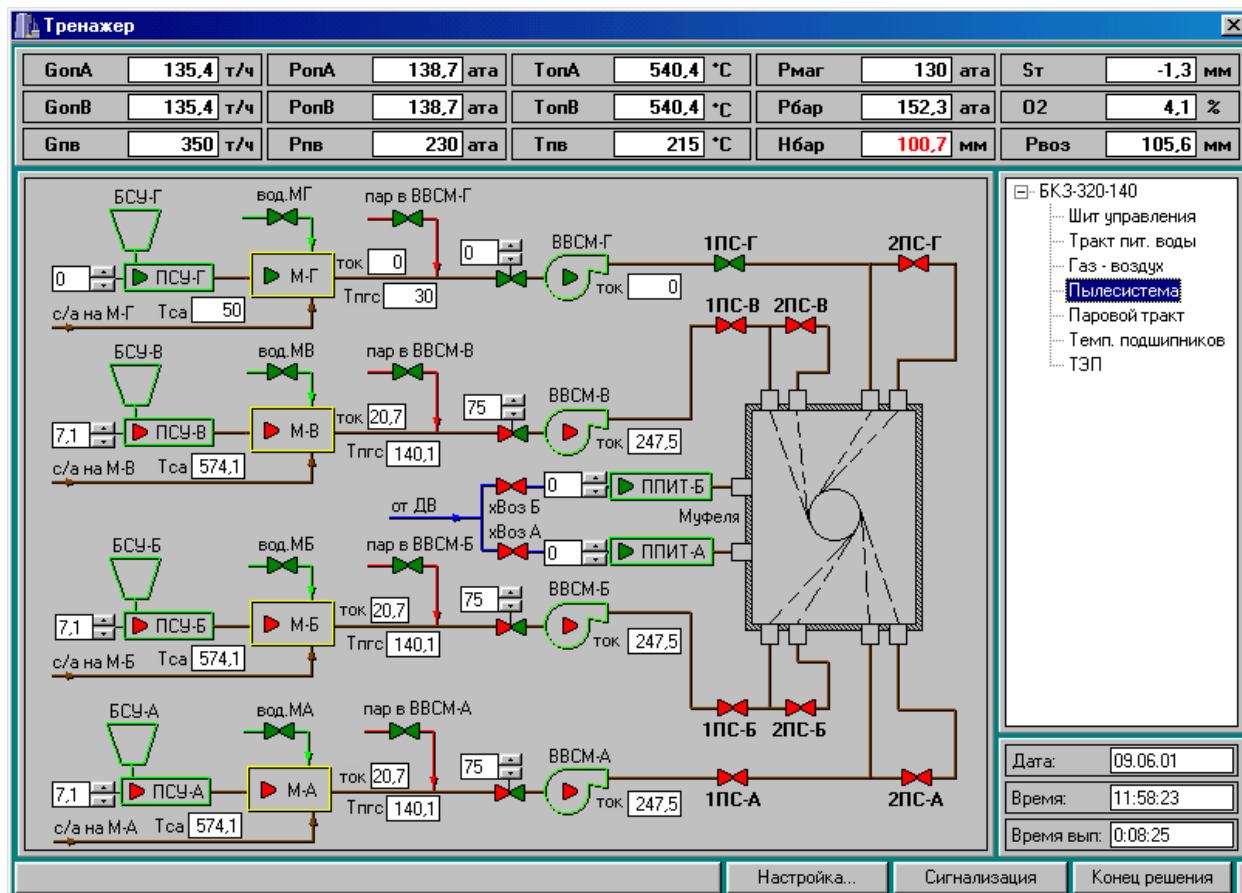


Рис. 3. Диалоговое обеспечение на примере ФГО Пылесистема тренажера котлоагрегата БКЗ-320-140 (ст. №18) Красноярской ТЭЦ-1

Технологическое обеспечение тренажера представляет собой систему технологических задач, классифицируемых на режимные и аварийные задачи, а также задачи с искаженной информацией постановка которых осуществляется посредством формирования специальных файлов, содержащих начальные условия для работы математической модели. В таких файлах записываются исходные для задачи состояние энергообъекта с указанием состояния органов управления (включен/выключен, процент открытия и т.д.) и значения режимных параметров. Также в этом файле имеется возможность объявить запрет на повторное включение и отключение органов управления и задать режим скорости счета для модели с указанием типа и характера моделируемой оперативной задачи. Организация файла исходных данных осуществляется в специальном редакторе, в диалоговом режиме, с воспроизведением результатов расчета по модели в режиме реального времени, с возможностью их фиксации в любой момент с сохранением текущих параметров в файл (рис. 4). К числу аварийных задач, реализованных в тренажерах, относятся задачи связанные с отключением вспомогательного оборудования, выходом из строя КИП и автоматики, нарушением работы регулирующей и запорной арматуры, самопроизвольным отключением и изменением режимов работы и т.д. К числу основных режимных задач относятся: останов основного и вспомогательного оборудования, плановое изменение нагрузки, отключение оборудования в ремонт или резерв, набор определенного режима за определенное время, останов и расхолаживание; пуск из холодного и горячего состояния.

Анализ и обработка результатов решения. В процессе решения задачи вся оперативная информация с определенной частотой сохраняется в файле базы данных на жестком диске. В случае необходимости все решения, которые принимались оператором, могут

быть подвергнуты тщательной обработке и анализу в специальной программной утилите (рис. 5). Оценка действий оператора строится на регистрации следующих моментов процесса решения: последовательный вызов оператором фрагментов мнемосхем и выполненный в них набор действий; количественные значения основных параметров энергетического объекта в процессе и по завершению решения задачи с указанием их минимальных и максимальных значений; срабатывание аварийной сигнализации и время ее действия; общее время решения задачи.

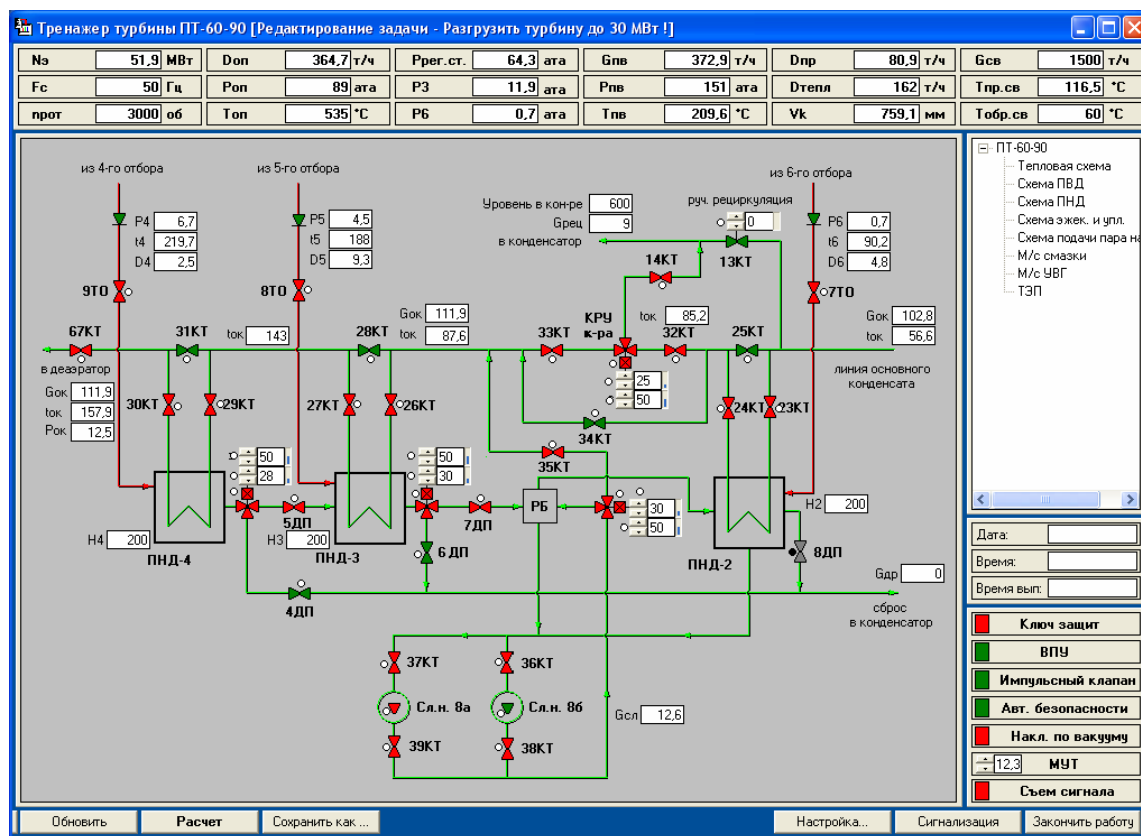


Рис. 4. Редактор оперативных задач на примере ФГО ПНД тренажера турбоустановки ПТ-60-90/13 (ст. №8) Красноярской ТЭЦ-1

При сравнении оптимального протокола с протоколом реального решения выявляются различия и расхожести. Для анализа собственно процесса обучения предусмотрена дальнейшая обработка протоколов решений с целью выделения различных стратегий решения задачи оператором. Разбор ошибочных действий оператора производится с привлечением традиционного материала: инструкции по эксплуатации; технологические схемы объекта; наглядные пособия и т.д. Наряду с этим предусмотрено использование деревьев оценки ситуаций, которые позволяют на качественном уровне представить поведение модели объекта от любой первопричины до возможных последствий. Эффективность принимаемых решений при выполнении оперативных задач определяется посредством анализа действий персонала в сопоставлении с динамикой изменения значений режимных и технико-экономических параметров работы энергообъекта, представленных в виде трендов.

В настоящее время вышеперечисленные тренажерные комплексы совершенствуются, в части создания сетевых версий с возможностью реализации режима работы «инструктор-оператор», разработки автоматизированной экспертной системы оценки ошибочных действий оператора, повышения функциональных возможностей тренажеров (возврат ситуации при решении задачи на любой временной уровень, возможность наладки и коррекции программного продукта через Интернет и т.д.).

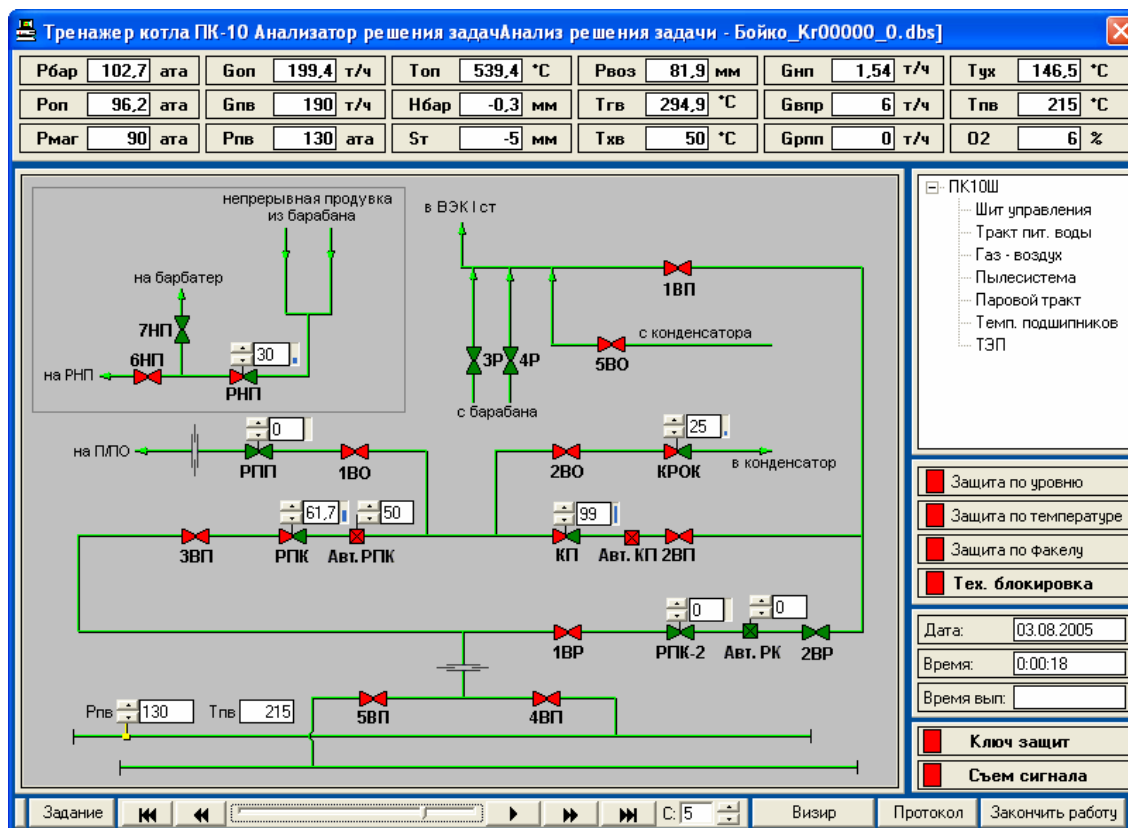


Рис. 5. Программа анализа результатов решения оперативной задачи на примере тренажера котла ПК-10Ш (ст. №5) Красноярской ТЭЦ-1

Литература

1. Чачко А.Г. Подготовка операторов энергоблоков. Алгоритмический подход. М.: Энергоатомиздат, 1986. – 356 с.
2. Алтунин В.К. Обучающие системы и тренажеры // Приборы и системы управления. 1996. №6. с. 56-61.
3. Магазанник Я.М. Дидактические и инженерно-психологические основы обучения операторским специальностям в теплоэнергетике. М.: Энергоатомиздат, 1988. – 247 с.
4. Малашинин И.И., Сидорова И.И. Тренажеры для операторов АЭС. М.: Атомиздат, 1979. – 214 с.
5. Свидетельство РФ №2003610936. Программно-методическое обеспечение для отработки оперативных задач управления энергетическим котлом ПК-10Ш / Е.А. Бойко, Д.Г. Дидичин // Регистр. 25.02.2003.
6. Свидетельство РФ №2003610937. Программно-методическое обеспечение для отработки оперативных задач управления энергетическим котлом БКЗ-320-140 / Е.А. Бойко, Д.Г. Дидичин // Регистр. 17.04.2003.
7. Свидетельство РФ №2005611258. Программно-методическое обеспечение для отработки оперативных задач управления дубль энергоблоком К-160-130 с котельными агрегатами ПК-38 / Е.А. Бойко, Д.Г. Дидичин, П.В. Шишмарев, М.В. Турок // Регистр. 27.05.2005.
8. РД 153.-34.0-12.035-99. Нормы годности программных средств подготовки персонала энергетики. М.: РАО ЕЭС, 1999. – 44 с.
9. Донской А.Н. Тренажеры на базе ЭВМ для оперативного персонала ТЭЦ // Энергетик. 1995. №5. с. 24-30.
10. Рубашкин А.С. Компьютерные тренажеры для операторов электростанций // Теплоэнергетика. 1995. №10. с. 62-69.