

ПРОГРАММНО – МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО НАЛАДКЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ТАЛАНОВ В.Д., канд. техн. наук, ПЛЕТНИКОВ С.Б., инж.,
Ивановский государственный энергетический университет

Для повышения эффективности процесса обучения студентов и повышения квалификации персонала ТЭС и АЭС разработан программно – методический комплекс, включающий ряд тренажеров по наладке систем автоматического регулирования теплоэнергетического оборудования.

Компьютерные обучающие системы и специализированные расчетные программные комплексы, созданные на базе современных компьютерных технологий, в последние годы стали неотъемлемой частью процесса обучения студентов в ВУЗах, а также подготовки и повышения квалификации персонала ТЭС и АЭС.

В основе обучающих программ лежит оптимальное восприятие информации, которое происходит в результате взаимодействия с объектом, т.е. в ходе предметной деятельности. Модель объекта оказывается полезной и необходимой не только для усвоения навыков по управлению, но и для формирования знаний о его принципиальных свойствах.

Автоматизированная обучающая система отображает в реальном времени все нормальные и наиболее часто встречающиеся особые и аварийные режимы работы оборудования, способствует развитию и закреплению обучаемым навыков самостоятельного принятия решений по управлению оборудованием. Одним из важных преимуществ обучающей системы является возможность воспроизведения различных вариантов ситуаций с произвольного момента времени. Это даёт обучаемому возможность самому проследить динамику изменения параметров в результате своих действий, в том числе и неправильных, а также последствия, к которым они могут привести.

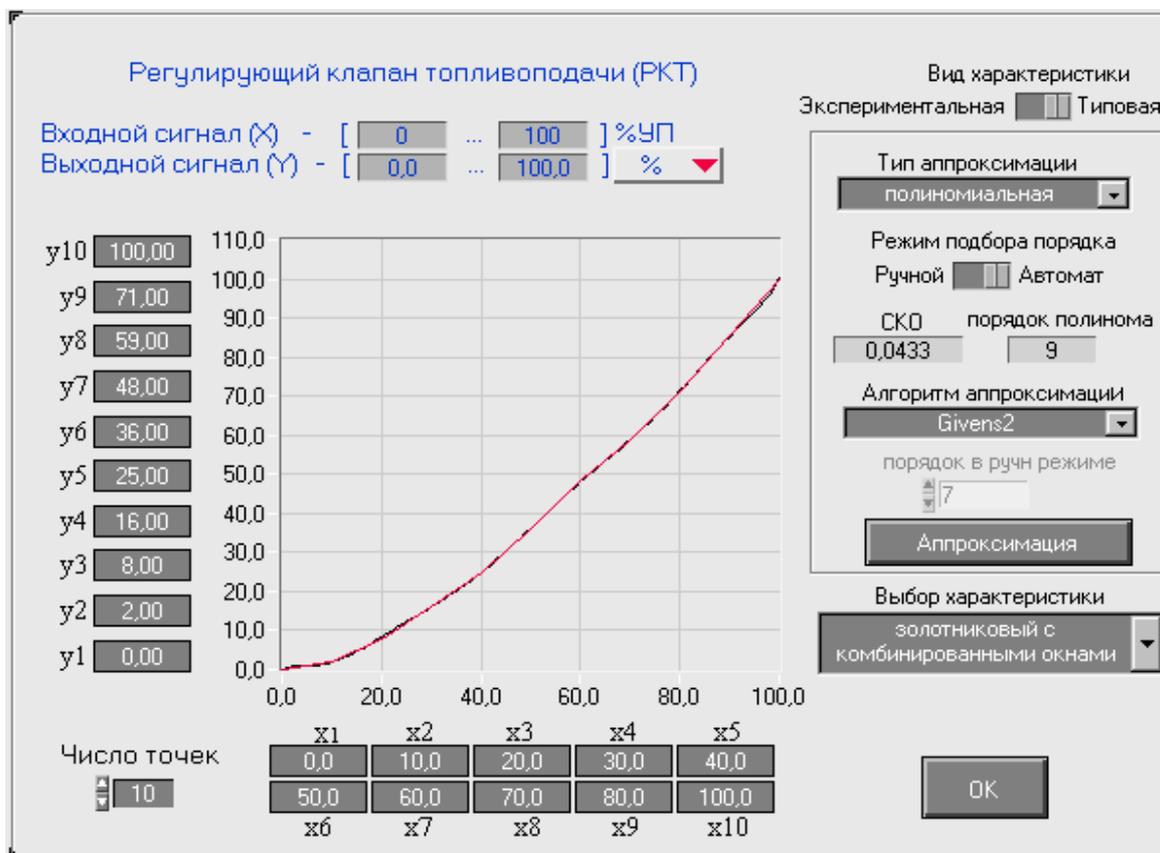


Рис. 1. Видеокадр «Настройка регулирующего органа»

На электростанциях основное внимание уделяется подготовке оперативного персонала на полномасштабных тренажерах, связанной с отработкой различных внештатных и аварийных ситуаций в реальном масштабе времени. В меньшей степени это касается специальной технической подготовки персонала, например, работников цеха ТАИ в плане выработки практических навыков эксплуатации и настройки систем автоматического регулирования основного энергетического оборудования. Последняя задача, тем не менее, является очень актуальной и востребованной на производстве.

С этой целью в рамках отраслевой программы целевой подготовки персонала электростанций «ЦентроЭнерго», а также по предложению Калининской АЭС на кафедре АТП ИГЭУ был разработан программно-методический комплекс (ПМК) по наладке систем автоматического регулирования теплоэнергетического оборудования ТЭС и АЭС.

При создании ПМК была использована среда графического программирования LabView фирмы National Instruments и разработана универсальная технология построения (конструирования) моделей систем автоматического регулирования (САР), основанная на модульном принципе построения структуры системы.

В рамках данной работы для создания адекватных моделей типовых САР была также разработана библиотека моделей основных элементов промышленных систем регулирования. В ее состав, во-первых, входит группа моделей основных типовых блоков технических средств автоматизации (ТСА), реализующих все основные функции прибора:

- релейно-импульсные и аналоговые регуляторы;
- блоки ручного управления, динамических, логических и нелинейных преобразований.

Кроме того, библиотека включает в себя универсальные модели регулирующего органа (рис.1), исполнительного механизма постоянной скорости и датчика, а также модель передаточной функции для синтеза технологического объекта регулирования.

В настоящее время в состав ПМК входят две группы локальных тренажеров, моделирующих основные системы регулирования теплоэнергетического оборудования тепловых и атомных электростанций.

Первая группа включает компьютерные тренажеры САР котельного оборудования ТЭС:

- САР питания барабанного котла;
- САР горения котла;

САР температуры перегретого пара. Система горения включает три локальных контура регулирования (рис.2):

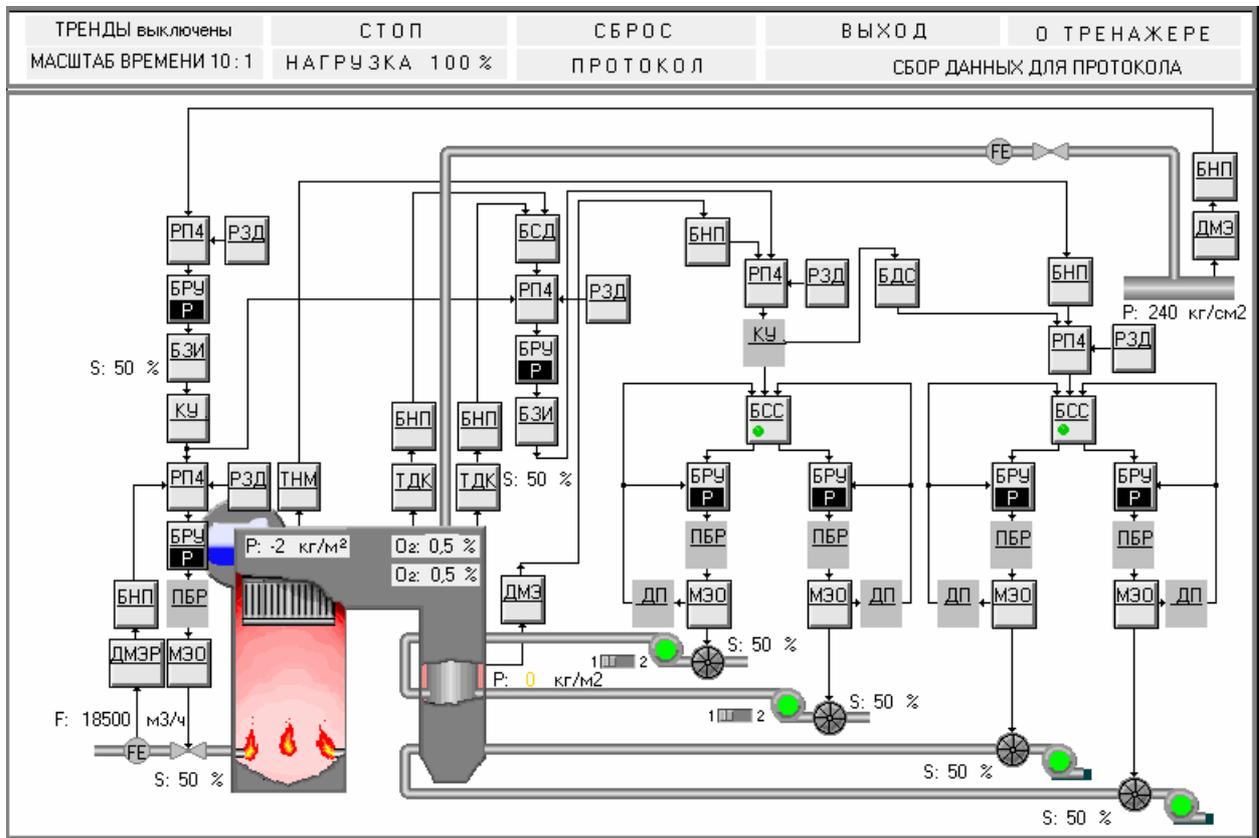


Рис.2. Видеокادر «САР горения барабанного котла»

- тепловой нагрузки;
- расхода общего воздуха;
- разрежения в топке.

Три последних системы могут также представлять собой самостоятельные программные модули.

САР тепловой нагрузки и расхода общего воздуха выполнены по типовой двухконтурной схеме со стабилизирующим и корректирующим регуляторами. Кроме того, система расхода общего воздуха также, как и система разрежения, включает дополнительный контур синхронизации положения направляющих аппаратов дутьевых вентиляторов и дымососов.

Система регулирования питания котла реализована по классической трехимпульсной схеме (“уровень” – “расход пара” – “расход воды”).

Система регулирования температуры перегретого пара реализована по каскадной схеме с “исчезающим” сигналом из промежуточной точки.

Вторую группу образуют компьютерные тренажеры САР теплоэнергетического оборудования АЭС:

- САР уровня и давления в деаэрационной установке (ДУ);
- САР уровня основного конденсатора (ОК);
- САР уровня группы подогревателей высокого давления (ПВД);
- САР уровня в оборудовании сепаратора-пароперегревателя (СПП);
- САР уровня и давления в компенсаторе давления первого контура АЭС.

Особенностью реализации систем регулирования уровня в ДУ, ОК, СПП и ПВД является наличие жесткой отрицательной обратной связи по положению РО, которая может быть отключена. Система регулирования уровня в ПВД, кроме того, включает три локальных контура регулирования уровня (по числу ПВД), которые могут быть связаны между собой корректирующими связями.

Тренажеры выполнены по одинаковой технологии, отличаясь особенностями технической реализации моделируемых систем регулирования, внешним видом пользовательского интерфейса и глуби-

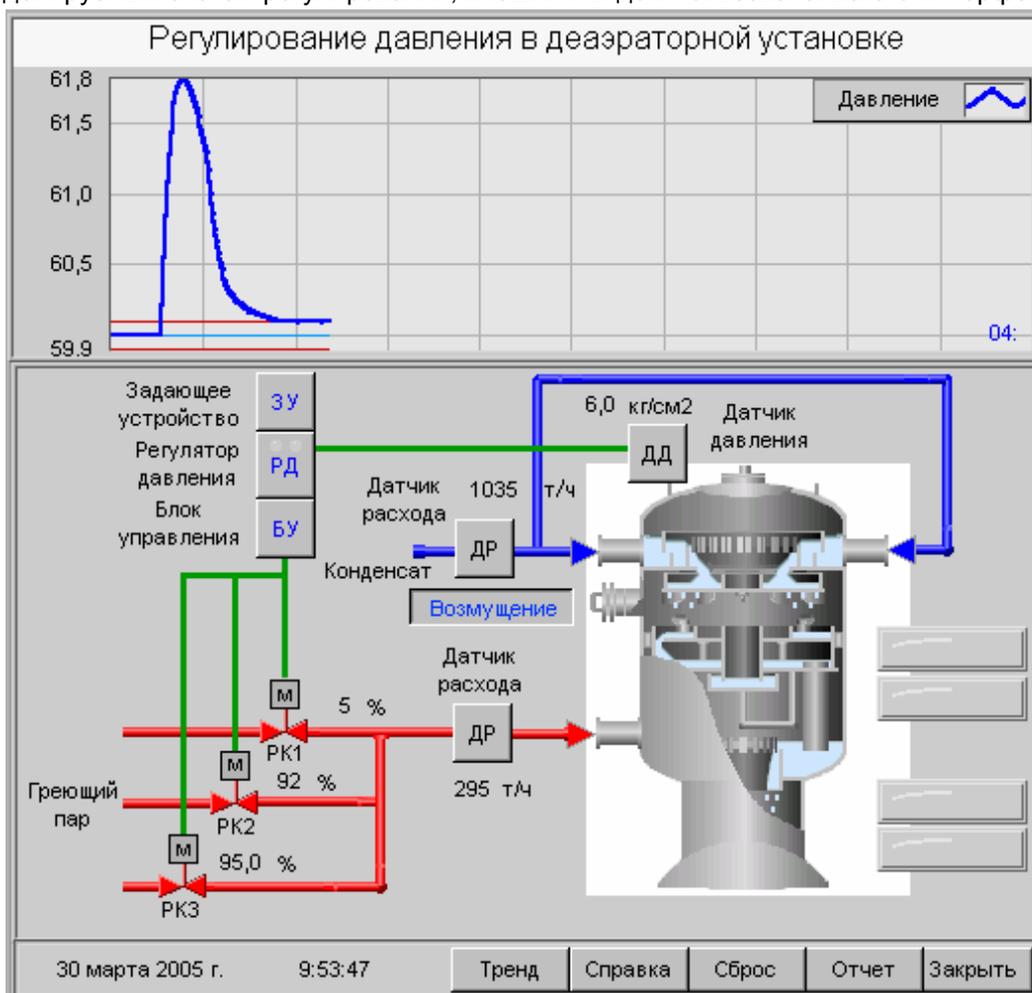


Рис. 3. Видеокадр «САР давления в деаэрационной установке»

ной проработки применяемых математических моделей технологических объектов. На рис. 2 и 3 показаны различные варианты основных видеок кадров нескольких базовых версий тренажеров.

Работа на каждом из тренажеров осуществляется в два этапа. На первом этапе, который является подготовительным, определяются исходные условия задачи, то есть выбирается система регулирования, технические средства реализации, режим работы тренажера.

На втором этапе, который является основным, выполняются наладка и испытания выбранной системы автоматического регулирования.

В задачу наладки входят:

- экспериментальное определение статических и динамических характеристик объекта регулирования;
- определение оптимальных параметров настройки регулирующих приборов в соответствии с заданными показателями качества переходного процесса.

Возможности тренажера (и соответствующая HELP-поддержка) позволяют использовать для работы как приближенные методы наладки САР (по формулам ВТИ, номограммам СибтехЭнерго), так и экспериментальные (метод настройки “за одно включение”, метод Циглера-Николса, метод “трехшаговой оптимизации”).

В задачу испытаний входят:

- экспериментальное определение расходной характеристики регулирующего органа;
- экспериментальное определение времени полного хода исполнительного механизма;
- экспериментальное определение цены деления задатчика;
- экспериментальное определение качества процессов регулирования при возмущении по каналам различных эксплуатационных воздействий.

В соответствии с кругом решаемых задач в ПМК предусмотрено два основных режима работы (применительно к каждой из смоделированных систем регулирования) – базовый и специальный.

В базовом режиме для выбранного локального тренажера возможно выполнение всего круга реализуемых задач:

- наладка регулирующих устройств системы регулирования;
- испытания настроенной системы регулирования.

Работа в специальном режиме предусматривает только выполнение задачи испытания регулятора и рассчитана на неподготовленного пользователя.

Реализация систем регулирования выполнена на базе серийных отечественных технических средств автоматизации (ТСА), применяемых в настоящее время на отечественных ТЭС и АЭС, – аппаратуры АКЭСР-2, КАСКАД-2 и многофункционального микропроцессорного прибора ПРОТАР-100. Особенностью программной реализации моделей ТСА является их двухмодульное исполнение. Каждая модель состоит из:

- расчетного модуля, представляющего собой математическую модель данного элемента;
- модуля оперативного управления, представляющего панель настройки соответствующего блока ТСА.

Внешний вид настроечной панели соответствует реальному прототипу прибора (рис.4, 5).

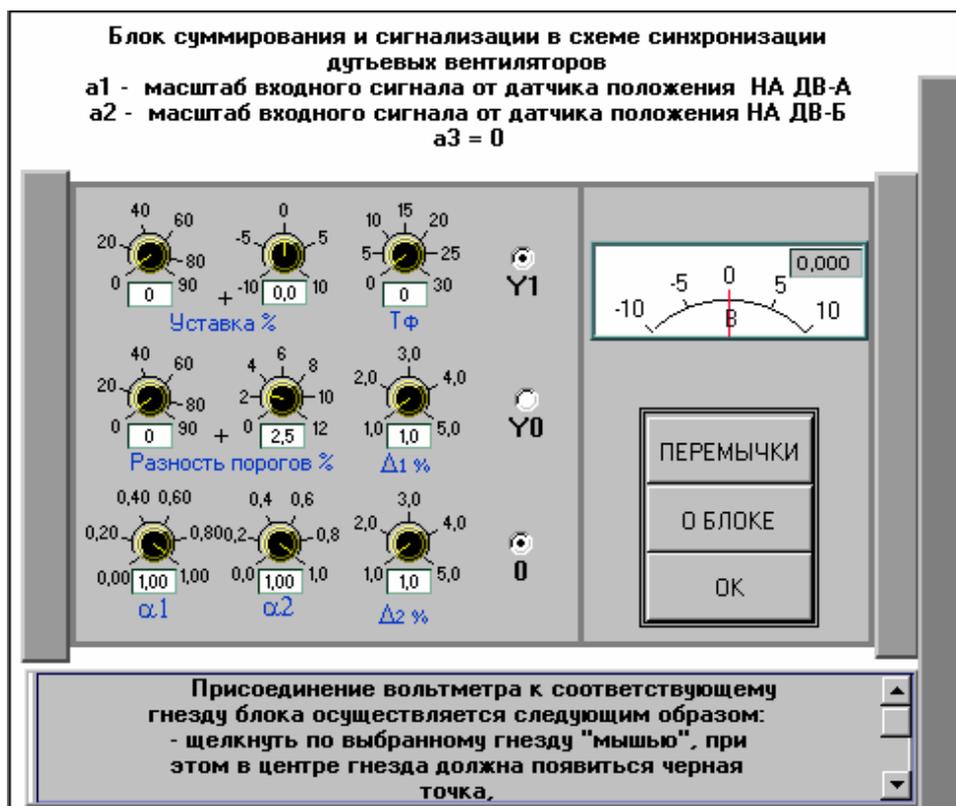
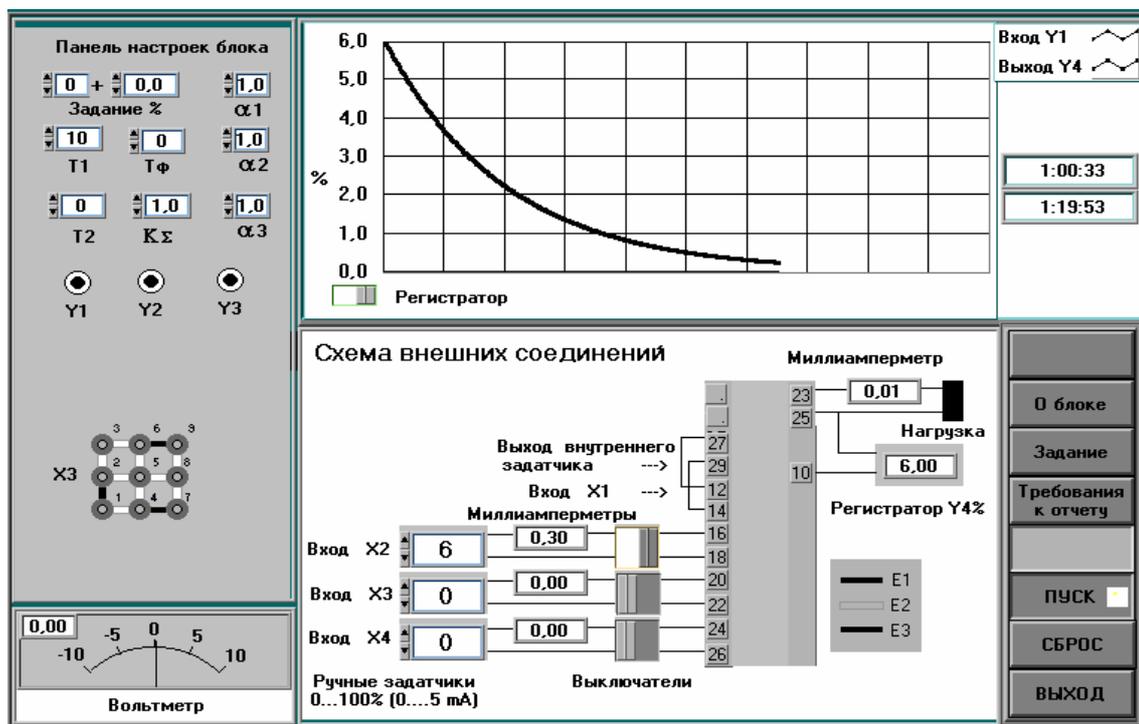


Рис.4. Видеокادر «Панель настройки блока БСС ТСА «АКЭСР-2»



Следует отметить, что разработанные модели регулирующих устройств являются действующими, и при соответствующей аппаратной поддержке (например, наличии платы ЦАП-АЦП или крейтовой

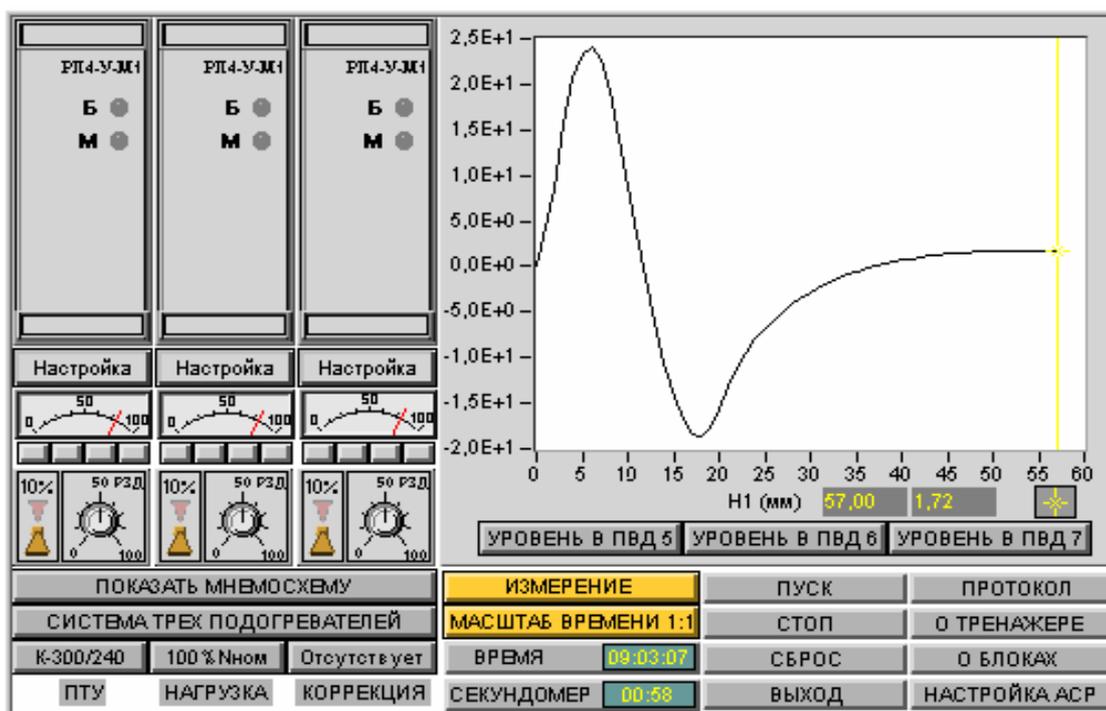


Рис.6. Видеокادر «САР уровня в ПВД»

системы) возможно использование тренажеров с реальными ИМ (на лабораторных стендах или действующем оборудовании).

При работе на тренажере имеется возможность изменения как режимов работы объекта (выбор нагрузки) типа оборудования, так и состава (режима) работы АСР (ручной – автомат, одноконтурная - двухконтурная, с коррекцией - без коррекции).

Работа на тренажере предусматривает изменение масштаба времени – реальный (в соответствии с заложенной динамикой модели объекта) и ускоренный (максимальное соотношение, которое удалось реализовать без существенной потери точности 10:1).

Для удобства проведения идентификации динамических характеристик объекта регулирования предусмотрен переход в специальный графический режим регистрации полученных данных с возможностью сканирования графиков.

Качество выполнения решаемой задачи оценивается автоматически, с представлением результатов работы в форме акта испытаний системы автоматического регулирования. Результаты работы могут быть представлены в твердой копии при наличии принтера.

Разработанный тренажерный комплекс построен по модульному принципу и имеет гибкую адаптивную структуру, что позволяет довольно легко расширить его функциональные возможности как в плане увеличения круга решаемых задач - количества локальных систем автоматического регулирования (в настоящее время идет работа по созданию еще нескольких тренажеров), вариантов их технической реализации на серийных блоках ТСА – КОНТУР, КВИНТ, РЕМИКОНТ и т.д., так и в смысле их усложнения.

Например, для создания тренажера по наладке системы регулирования уровня конденсата в группе ПВД ПТУ (рис.6) была разработана нелинейная математическая модель объекта, описываемая системой ДУ, которая достаточно подробно отражает физические процессы, происходящие в подогревателях и паровых отсеках турбины. Математическая модель учитывает процессы аккумуляции тепла в металле трубной системы и корпуса подогревателей, процессы аккумуляции тепла по тракту питательной воды, процессы испарения в паровом объеме и конденсации по поверхности охлаждения. Численные значения коэффициентов ДУ вычислялись для каждой конкретной ПТУ по данным теплового расчета режима и справочным данным конструктивных характеристик оборудования. Усложнение математической модели объекта в данном случае (по сравнению с остальными реализованными АСР) было целесообразно в плане расширения возможностей тренажера, а именно:

- во-первых, тренажер позволяет на этапе идентификации объекта определить не только статические и временные, но и частотные характеристики объекта по различным каналам передачи

воздействий и при различном составе оборудования (изолированный подогреватель, подогреватель, работающий в группе);

- во-вторых, реально оценить взаимное влияние локальных контуров регулирования уровня конденсата в регенеративных подогревателях ПТУ и выполнить их последующую оптимизацию (параметрическую или структурную), в том числе и с помощью анализа соответствующих частотных характеристик объекта регулирования.

В тренажерах наладки локальных регуляторов АЭС использовались упрощенные математические модели, качественно и количественно адекватно имитирующие динамику процессов, происходящих в реальном объекте.

Самостоятельные программные модули, входящие в состав ПМК, используются в учебном процессе для студентов соответствующих специальностей при проведении лабораторных и практических занятий, а также на электростанциях - для обучения (аттестации) инженерно-технических работников цеха ТАИ и ДЭС, которые должны в полном объеме без помощи инструктора решать задачи, поставленные в тренажере. Оперативный персонал при работе на тренажере должен владеть навыками включения режима автоматического регулирования, в режимах сброса и набора нагрузки получить необходимые представления о допустимых пределах изменения параметров, уставках срабатывания сигнализации и технологических защит.