

## МОДУЛЬНОЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ НАЛАДКИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

ТАЛАНОВ В.Д., ДЕМИН А.М., кандидаты техн. наук, ПЛЕТНИКОВ С.Б., ст. преп.

**Излагаются особенности совершенствования технологии создания программно-аппаратных комплексов для наладки регуляторов технологическими процессами на ТЭС.**

*Ключевые слова:* автоматическое управление, обучающие тренажеры, метод модульного конструирования.

## BUILDING-BLOCK APPROACH TO COMPLEX DEVELOPMENT FOR AUTOMATIC CONTROL SYSTEM CHECKOUT

V.D. TALANOV, Ph.D., A.M. DEOMIN, Ph.D., S.B. PLETNIKOV, senior teacher

**This paper is devoted to the peculiarities of programmatically hardware complex design technology improvement for processing regulator checkout at HPS (heating and power station).**

*Key words:* automatic control, training simulators, building-block principle.

**Особенности технологии создания комплексов для наладки регуляторов технологическими процессами на ТЭС.** В энергетике, как и других отраслях промышленности, большое значение придается обеспечению качества профессиональной подготовки инженерно-технического персонала. Важной составляющей подготовки является выпуск квалифицированных специалистов вузами и повышение уровня специальной подготовки производственного персонала в учебных центрах.

Следует отметить, что на электростанциях основное внимание уделяется подготовке оперативного персонала на полномасштабных тренажерах и тренажерах, имитирующих поведение технологического оборудования ТЭС и АЭС. Они широко распространены и позволяют отрабатывать различные штатные и аварийные ситуации в реальном масштабе времени. При этом недостаточно широко используются обучающие программы и тренажеры для специальной технической подготовки персонала, в том числе, обеспечивающие выработку практических навыков наладки систем автоматического регулирования (АСР) теплоэнергетического оборудования.

В свою очередь, учебный процесс в вузе характеризуется отсутствием реального технологического оборудования и недостаточным количеством технических средств автоматизации, применяемых на электростанциях, что отрицательно сказывается на практической подготовке студентов соответствующих специальностей.

Учитывая вышесказанное, можно сделать вывод о том, что уделяется недостаточное внимание разработке обучающих тренажеров по наладке АСР и отсутствует эффективная технология создания подобных тренажеров.

При разработке тренажера, в зависимости от целей его создания и практического применения, требуется решение различных задач. Необходимо, чтобы тренажер обладал определенными свойствами, которые должны соответствовать его функциям.

Таким образом, разработка технологии создания тренажеров требует классифицировать как сами тренажеры, так и их компоненты. Поскольку в основе любых тренажеров лежит модель объекта, то такая классификация базируется на классификации моделей [1].

Однако многие свойства тренажеров как обучающих систем выходят за рамки традиционного моделирования, поэтому необходимо классифицировать и эти свойства.

Предложенная классификация (рис. 1), полученная на основе анализа существующих подходов к созданию тренажеров и методов их практической реализации, позволяет определить базовый набор свойств разрабатываемого продукта и осуществлять проектирование обучающих систем.

Данный подход был использован при разработке комплекса *локальных специализированных* обучающих тренажеров для наладки АСР.

Прежде всего, в рамках новой технологии применено модульное конструирование тренажеров систем автоматического регулирования, которое учитывает специфику их работы и особенности структурной и аппаратной реализации.

Конструирование основано на применении универсальных и специализированных моделей элементов оборудования и АСР, а также прикладных программных модулей по расчету и настройке регуляторов.

Инструментальная реализация модулей выполнена в среде графического программирования LabView 5.0 фирмы National Instruments. Данная оболочка выбрана неслучайно. Во-первых, она обладает широкими встроенными возможностями по созданию функционально удобного, визуально дружелюбного интерфейса. Во-вторых, прикладное программирование в виде блок-диаграмм позволяет легко реализовывать разработанные структурные алгоритмы в виде типовых архитектурных шаблонов [2].

Отличительные особенности данного способа конструирования заключаются в следующем:

– разработана библиотека моделей типовых элементов АСР, блоков ТСА и технологического оборудования электростанций. В ее состав входит группа *специализированных* моделей основных типовых блоков технических средств автоматизации (ТСА), *адаптированных* для конкретного аппаратного исполнения и реализующих все основные функции прототипа прибора. Кроме того, библиотека включает в себя *универсальные* модели регулирующего органа, исполнительного механизма и датчика;

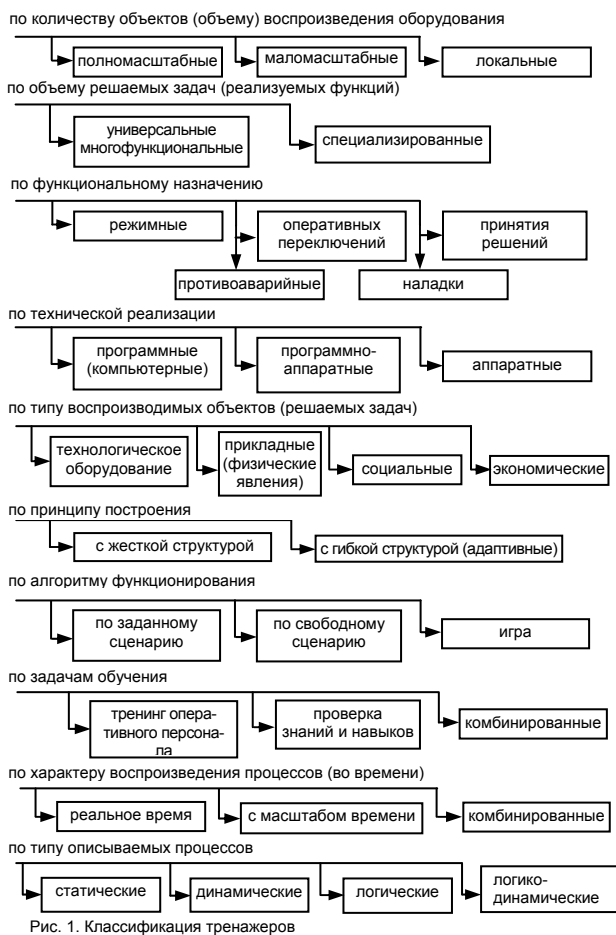


Рис. 1. Классификация тренажеров

– применена специфическая двухмодульная логическая структура построения моделей (рис. 2). Каждая модель состоит из двух модулей: расчетного, который является математической моделью данного элемента АСР, и оперативного управления, представляющего панель настройки блока ТСА или элемента АСР;

– работа модулей организована в режиме заданного временного опроса по принципу параллельного и независимого функционирования циклов. Расчетные модули выполняют вычисления постоянно с заданной дискретностью опроса, а модули оперативного управления являются вызывными и активизируются специальным включением. При этом обеспечивается наиболее устойчивая работа программы;

– реализация системно-операторских функций программных комплексов также выполнена по принципу параллельного и независимого функционирования циклов (отображение информации на видеокдрах,

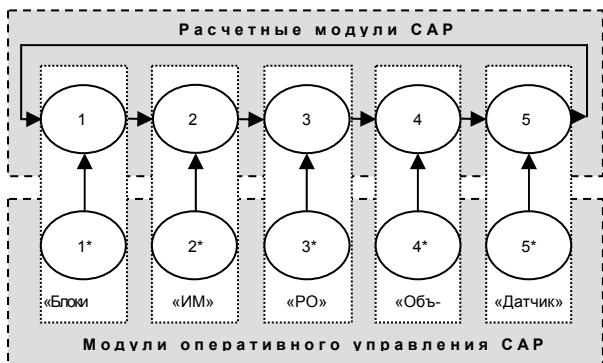


Рис. 2. Логическая структура построения модели САР

протоколирование результатов работы, оценка качества выполнения работы).

На основе предложенной технологии на кафедре «Автоматизация технологических процессов» был создан комплекс обучающих тренажеров по наладке регуляторов теплоэнергетического оборудования для теоретической подготовки, тренажа и проверки знаний студентов и инженерно-технического персонала ТЭС и АЭС.

Тренажеры отличаются реализацией моделируемых систем регулирования для разных ТСА, внешним видом пользовательского интерфейса и требуемой полнотой применяемых математических моделей технологических объектов.

В настоящее время в состав комплекса входят две группы локальных тренажеров, моделирующих основные АСР теплоэнергетического оборудования тепловых и атомных электростанций [3].

Первая группа включает *компьютерные* тренажеры АСР котельного оборудования ТЭС (питания барабанного котла, горения котла, температуры перегретого пара).

Вторую группу образуют тренажеры АСР теплоэнергетического оборудования АЭС (уровня и давления в деаэрационной установке, уровня в основном конденсаторе, уровня в группе подогревателей высокого давления, сепаратора-пароперегревателя, уровня и давления в компенсаторе давления первого контура АЭС с ВВЭР).

Реализация систем регулирования выполнена на базе серийных отечественных ТСА, применяемых в настоящее время на отечественных ТЭС и АЭС, – аппаратуры АКЭСР-2, КАСКАД-2 и многофункционального микропроцессорного прибора ПРОТАР-100.

**Методика создания комплексов.** Разработка комплексов для наладки АСР с применением предложенной технологии осуществляется по определенной методике, регламентирующей состав и порядок выполняемых работ, а также их взаимодействие (рис. 3).

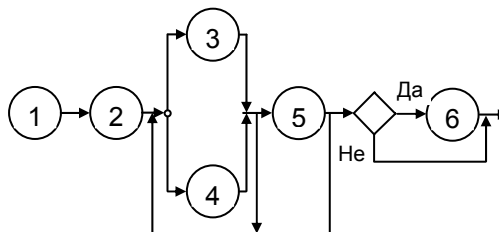


Рис. 3. Структура выполнения работ по созданию ПАК

Эта методика заключается в следующем.

1. Формируются коррелированные цели и задачи работы. В зависимости от назначения комплекса осуществляется выбор состава выполняемых функций системы.

2. Определяется набор свойств (признаков) разрабатываемого продукта, которые отражают его структуру, функции и особенности технической реализации. При создании комплексов для наладки АСР достаточно ограничиться базовыми признаками: типом структуры системы регулирования, законами регулирования, стандартными алгоритмами обработки информации, технической реализацией. Причем выбранные варианты компонуются друг с другом в требуемом исполнении и количестве.

3. Осуществляется конструирование системы: выбираются требуемые модули из библиотеки моделей типовых элементов АСР и технологического обо-

рудования, разрабатываются дополнительные необходимые модули, которые вводятся в состав создаваемого комплекса.

4. Разрабатывается и компонуется программное обеспечение верхнего уровня: интерфейс оператора, модули и процедуры для сбора и обработки информации от моделей и внешних устройств, автоматизированной оценки качества работы регуляторов, архивации и протоколирования результатов, организации диалога с оператором и т.д.

5. Компонуется программное и аппаратно-техническое обеспечение технологического (нижнего) уровня структуры: объединяются реальные объекты и ТСА или их модели, алгоритмы управления.

6. Выполняются работы по первичной наладке регуляторов.

Гарантированная согласованность результатов, полученных на каждом этапе (определение требуемых свойств, целей и задач работы и т.д.), обеспечивает повышение качества проводимых работ и создаваемого комплекса. Итерационная процедура, в случае необходимости, обеспечивает возврат к любому из пунктов методики для доработки и переработки, уточнения полученных результатов.

Причем при этом возможно (и целесообразно) применение комбинированных комплексов, объединяющих достоинства промышленных и тренажерных систем. Дополнительный эффект получается за счет уменьшения количества тестовых воздействий на объект управления, который во время большей части наладочных работ эксплуатируется в нормальных режимах эксплуатации.

Достигается это следующим образом. Применяется способ наладки, который можно условно назвать «в рассечку». Сначала модуль автоматизированной наладки помещается вместо регуляторов или регулирующих алгоритмов. Его входы и выходы совмещаются с входами и выходами проектных регуляторов и производится идентификация свойств объекта с помощью трендов и других встроенных средств. При этом наносится серия тестовых возмущений. Затем объект эксплуатируется в требуемых режимах, а с помощью встроенных моделей-аналогов выполняется наладка регуляторов (тестовые возмущения наносятся в модели). Затем производится проверка качества работы системы с помощью модулей автоматизированной наладки, подключенных к объекту путем нанесения внутренних и внешних возмущений на реальный объект с оценкой качества работы регуляторов встроенными средствами ПАК. В конечном итоге после завершения наладки проектные регуляторы помещаются на свои рабочие места и производится проверка качества их работы.

В основу построения функциональной структуры комплексов положен модульный принцип реализации основных функций с использованием разработанной библиотеки моделей элементов АСР и специализированных программных модулей.

В структуре можно выделить два функциональных уровня:

- системно-операторский;
- технологический.

Верхний системно-операторский уровень объединяет программные модули и процедуры, разработанные на 4-м этапе описанной ранее методики.

Нижний *технологический уровень* - это функциональное ядро структуры, он содержит модели технологического оборудования средств автоматизации и элементов АСР.

Технологический уровень может существенно различаться по составу функций, реализованных с помощью аппаратных и программных средств. Здесь могут размещаться и функционировать в различных сочетаниях реальные технические устройства автоматизации и технологическое оборудование или их модели.

В качестве дополнительного положительного эффекта от разработки новой технологии можно отметить внедрение промышленных АСР, выполненных с использованием созданных логических структур и моделей элементов систем регулирования [4]. При наличии в библиотеках алгоритмов регулирующих контроллеров функций, обеспечивающих конструирование непосредственно в них самих моделей объектов с заданными параметрами и свойствами (Ремиконт Р-130, КВИНТ), либо специальных систем для их программирования (контроллер КР-300 со SCADA-системой КРУГ-2000) реализация функции автоматизированной наладки регуляторов может выполняться этими программными средствами, будучи встроенной в саму систему управления [5].

### Заключение

Предложена и отработана технология создания программно-аппаратных комплексов для наладки типовых АСР технологическими процессами на ТЭС, ориентированная на использование метода модульного конструирования АСР, характеризуемая методикой, регламентирующей состав и порядок выполняемых работ, а также универсальной структурой построения и функционирования.

Метод модульного конструирования АСР учитывает специфику работы систем, особенности их структурной и аппаратной реализации и отличается использованием специализированных моделей элементов АСР и технологического оборудования электростанций.

Практическая реализация результатов работы применяется как для промышленных систем регулирования, так и в составе учебных тренажеров.

### Список литературы

1. **Классификация** моделей технологических объектов / А.М. Демин, В.Д. Таланов, С.Б. Плетников, В.Н. Пузырев // VIII Бенардосовские чтения: Тез. докл. междунар. науч.-техн. конф. – Иваново, 1997.
2. **Таланов В.Д., Мурзин А.Ю., Плетников С.Б.** Особенности моделирования тепловых объектов в среде LabVIEW: III Всеросс. науч.-практ. конф. «Повышение эффективности тепловых объектов». – Иваново, 2002. – С. 244–247.
3. **Таланов В.Д., Плетников С.Б.** Программно-методический комплекс по наладке систем автоматического регулирования тепловых объектов // Новые технологии в автоматизации тепловых объектов: Сб. науч. тр. – Иваново, 2005. – С. 70–83.
4. **Информационно-управляющая** система бойлерной установки / Е.К. Журавлев, В.С. Крашенинников, В.Д. Таланов, С.Б. Плетников // Новые технологии в автоматизации тепловых объектов: Сб. науч. тр. – Иваново, 2005. – С. 63–70.
5. **Демин А.М., Слободский Е.В.** Тренажер «Регулятор питания барабанного котла на базе контроллера КР-300» // Новые технологии в автоматизации тепловых объектов: Сб. науч. тр. – Иваново, 2005. – С. 189–193.

Таланов Вадим Дмитриевич,  
ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,  
кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой автоматизации технологических процессов,  
телефон (4932) 26-99-09,  
e-mail: tvd@atp.ispu.ru

Демин Александр Матвеевич,  
ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,  
кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации технологических процессов,  
телефон (4932) 26-99-09,  
e-mail: tvd@atp.ispu.ru

Плетников Сергей Борисович,  
ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,  
старший преподаватель кафедры автоматизации технологических процессов,  
телефон (4932) 26-99-09,  
e-mail: psb@tef.ispu.ru