

ПРИБОРЫ



* АВТОМАТИЗАЦИЯ

7/2002

УЧРЕДИТЕЛЬ ЖУРНАЛА:

*Союз общественных объединений
«Международное научно –
техническое общество
приборостроителей и метрологов»*

ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ СОВМЕСТНО:

МНТО ПМ и ОАО «ЦНИИКА»

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:

*Министерства промышленности,
науки и технологий РФ,
Госстандарта России,
Московской Государственной
академии приборостроения
и информатики*

Главный редактор КАВАЛЕРОВ Г.И.

Главный редактор СОФИЕВ А.Э.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Асташенков А.И., Благов Е.В.,
Богомолов Ю.А. (зам. гл. редактора),
Вольтер Б.В., Голованов О.В.,
Звенигородский Э.Г., Иванов В.Н.,
Ивченко О.О., Кавалерова Г.А. (зам. гл.
редактора), Каниковский С.С.,
Карпенков С.Х., Курносов Н.М.,
Клюев В.В., Лёвин А.А., Малхазов Ю.С.,
Мороз В.И., Олейников П.П., Потапов Л.И.,
Прозоров М.А., Савин Е.С. (отв. секретарь),
Семенов П.М. (зам. гл. редактора),
Слепцов В.В., Суминов В.М.,
Шкабардня М.С.

Журнал зарегистрирован в Министерстве РФ
по делам печати, телерадиовещания и средств
массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-1459

Сдано в набор 7. 6. 2002. Подписано в печать 5. 7. 2002.
Формат 60×88 1/8. Бумага кн.-журн. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 9,0. Усл. кор. отт. 9,1. Уч.-изд. л. 9,1.
Зак. 837.

Цена журнала – договорная

Адрес редакции:

119019, Москва, Моховая ул. 10, стр. 2
Телефон: (095) 202-65-71
Тел./факс: (095) 202-14-73
E-mail: kavalerov@mail.ru



Отпечатано в Подольской типографии Чеховского поли-
графического комбината Министерства РФ по делам печат-
ки, телерадиовещания и средств массовых коммуни-
каций.

142110, Подольск, ул. Кирова, д. 25

СОДЕРЖАНИЕ

60 лет Московскому государственному инженерно-физическому институту 1

ПРИБОРЫ И СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ

Кривашев С.В. Приборы экологического контроля
ООО «НТМ-Защита» 2

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

Чернаков В.А., Осадчий М.А. Особенности современных модели-
рующих комплексов сложных технологических объектов (на при-
мере анализатора режимов АЭС с ВВЭР) 12
Чернаков В.А., Кориковский К.П. Программный комплекс
ЭНИКАД 16
Дедушенко К.Б., Егоров С.А., Ершов Ю.А., Лихачев И.Г. Интер-
ферометрическая волоконно-оптическая измерительная система
«ДОЗОР» 23

ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ И НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Международный Фонд конверсии

Технология восстановления и упрочнения деталей методом
электроэрозионного легирования 28
Светолучевое сварочное оборудование 28
Износостойкие кластерные покрытия 29
Антифрикционный материал ОПМ-94 и изделия из него 29
Технология и оборудование для электрохимического полирования
насыпью (ЭПН) 30
Высококачественная техническая керамика 30
Самосмазывающиеся подшипники скольжения 32
Сверхтонкое беспористое золочение 32
Экологически безопасная гальваника 33

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

Сергиенко Р.П., Назаренко Л.А. Оценка возможности использо-
вания линейной характеристики эталонного пирометра при реализации
температурной шкалы по излучению 34
Иванова Е.П., Иванов Ю.И., Иосельсон Г.Л., Ключнер Г.Л.,
Товстый Ю.А. Малогабаритный калибратор температуры для
градуировки интеллектуальных термопреобразователей 37
Герасимов С.Ф., Иванова А.Г., Ильин А.Ю., Походун А.И.
О возможности создания стандартизованной ячейки для реализации
тройной точки воды 38

НОРМАТИВНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

ПР 50.2.015-02 «ГСИ. Порядок определения стоимости (цены)
метрологических работ» 42

ОБЗОР СОСТОЯНИЯ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ И СИСТЕМОТЕХНИКЕ

Голованов В.О., Дуванов С.Г. Современное состояние информа-
ционных технологий за рубежом 45

ИНФОРМАЦИЯ И ХРОНИКА

Кавалеров Г.И. Международное сотрудничество МНТО приборо-
строителей и метрологов 65
XVII Международный Конгресс ИМЕКО 68

© Предупреждаем о правовой защите наименования, товарного знака и автор-
ских прав на публикуемые материалы.

За достоверность сведений в рекламных материалах ответственность несут
рекламодатели.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.

Перепечатка материалов допускается только с разрешения редакции и с
обязательной ссылкой на журнал «ПРИБОРЫ».

В.А. ЧЕРНАКОВ, М.А. ОСАДЧИЙ

ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ МОДЕЛИРУЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ СЛОЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ (на примере анализатора режимов АЭС с ВВЭР)

К сложным технологическим объектам управления (СТОУ) относятся объекты управления с числом контролируемых переменных и управляющих органов от нескольких сотен до десятков тысяч. Типичными примерами подобных объектов являются атомные и тепловые электростанции, ядерные энергетические установки различного назначения, химические и нефтехимические производства, а также крупные силовые установки, например, судовые. Эти объекты отличаются высокой "связностью" происходящих в них физических процессов как между собой, так и с работой АСУ ТП, являющейся необходимым атрибутом таких объектов.

Проектирование, эксплуатация и оптимизация технологических процессов в СТОУ невозможны без использования расчетных моделей из-за их сложности. История развития компьютерных моделей СТОУ в различных областях насчитывает уже несколько десятилетий, но в России особенно активно эта отрасль знаний стала развиваться в последнее время. Это обусловлено рядом факторов:

1. Быстрый рост вычислительной мощности персональных компьютеров привел к тому, что сегодня она уже достаточна для расчета в режиме реального времени комплексных моделей даже таких сложных объектов, как атомные электростанции. Высокие графические возможности современных ПЭВМ позволяют разрабатывать высоко развитые графические интерфейсы, делающие "легким" общение с моделями, имеющими тысячи контролируемых параметров и органов управления, даже для технологов, не имеющих специальной компьютерной подготовки. Оба эти обстоятельства фактически "переводят" комплексные модели СТОУ из разряда "уникальных инструментов", доступных лишь небольшому количеству специалистов-расчетчиков в профильных НИИ, в разряд массового высокоэффективного инструмента для решения различных производственных задач, легко доступного как любым специалистам НИИ, так и технологам конкретных объектов.

2. Быстрый переход России к рыночной экономике заставляет многие крупные производства оптимизировать свой технологический процесс с

целью извлечения максимальной прибыли. Такая оптимизация невозможна без расчетного обоснования, которое раньше проводили профильные НИИ. Сегодня, когда многие из них заметно ослаблены из-за отсутствия надлежащего финансирования и связанного с этим оттока квалифицированных кадров, крупные предприятия зачастую пытаются проводить такую оптимизацию силами собственных технологов, используя современные компьютерные моделирующие комплексы.

3. Высокая степень износа и моральное старение АСУ ТП крупных предприятий, построенных в советские времена, приводят к необходимости модернизации АСУ ТП. На смену средствам локальной автоматики на многих предприятиях приходят современные АСУ ТП, построенные на аппаратных и программных средствах ведущих западных фирм, таких как SIEMENS, HONEYWELL и др. Вместе с тем, внедрение современных западных АСУ ТП предполагает более строгую процедуру их проектирования: все алгоритмы защит, блокировок, сигнализации, параметры настройки регуляторов должны быть полностью верифицированы заранее, до ввода их в память цифровых моделей АСУ ТП. Понятно, что полностью такую верификацию можно осуществить только на комплексной модели СТОУ.

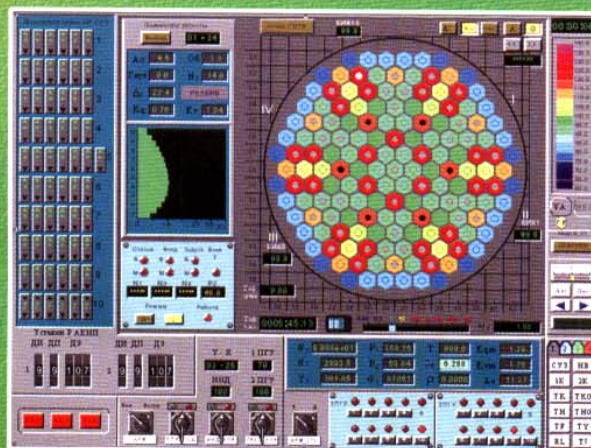
4. Все более жесткими становятся требования надзорных органов к подготовке персонала СТОУ, особенно взрыво- и ядерноопасных. Для таких СТОУ уже сегодня требуется полноценная тренажерная подготовка персонала во всех режимах, включая сложные аварийные. В основе тренажеров, на которых может вестись такая подготовка, должна лежать комплексная всережимная модель, адекватная реальному объекту.

Следует подчеркнуть, что современное состояние вычислительной техники и методов моделирования дает возможность создавать многофункциональные моделирующие комплексы на основе стандартных ПЭВМ с процессорами "Intel", позволяющие решать не одну из вышеперечисленных задач, как было ранее, а все сразу даже для наиболее сложных объектов управления, таких как

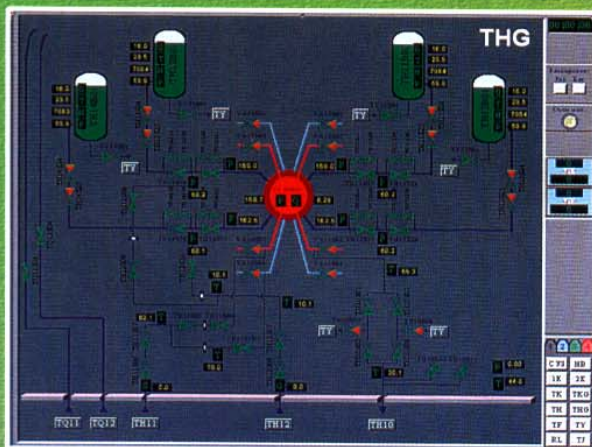
**Рисунки к статье В.А. Чернакова, М.А. Осадчего
 "ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ МОДЕЛИРУЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ
 СЛОЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ"**



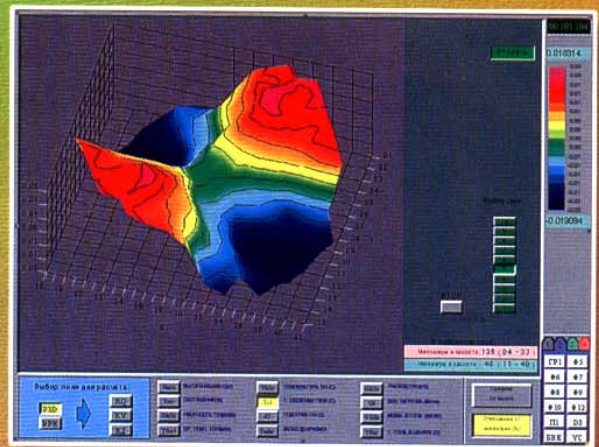
Участники семинара МАГАТЭ по проблемам использования тренажеров для реакторов РБМК на тренажере энергоблока Игналинской АЭС, Висагинас, 1999 г.



Формат управления органами СУЗ реактора
 в составе МФА-РО



Формат систем безопасности реактора (САОЗ),
 входящих в состав МФА-РО

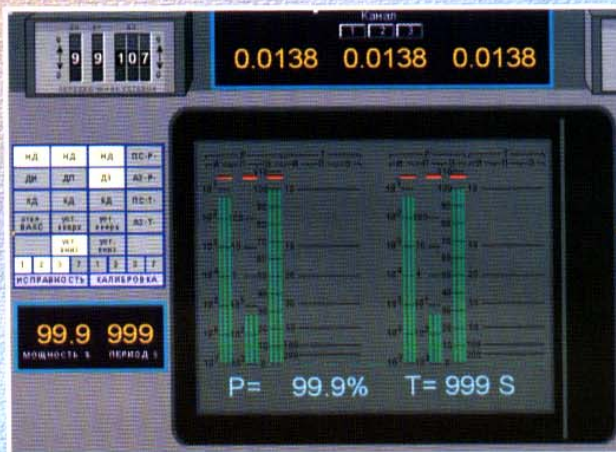


Трехмерный график распределения расчетных
 параметров внутри активной зоны реактора

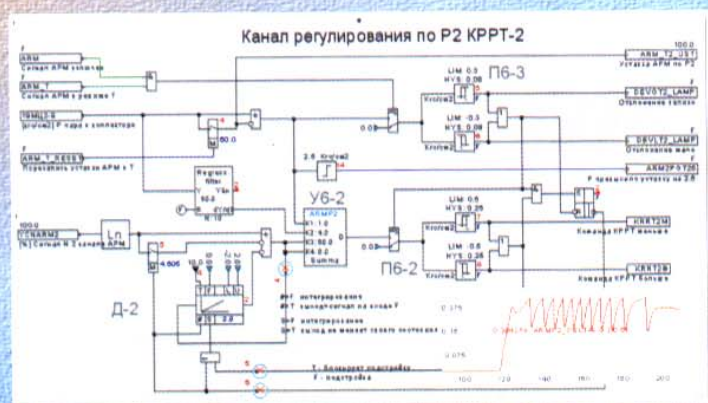
Рисунки к статье В.А. Чернакова, К.П. Кариковского "ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ЭНИКАД"



Пример формата технологической схемы



Конструкции на основе статических и динамических элементов



Фрагмент схемы САПР автоматики. В форматы схем САПР легко включаются графики и другие средства контроля процесса

Фрагмент схемы САПР теплогидравлической системы. При работе модели на нее выводятся параметры расчета всех элементов в цифровом виде

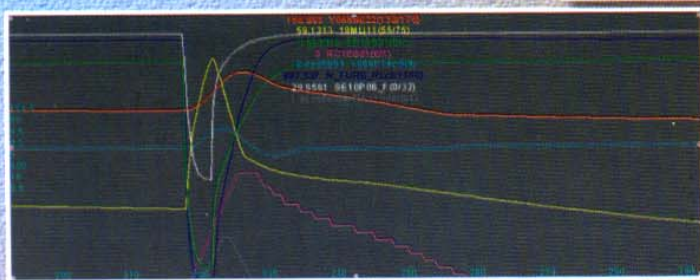
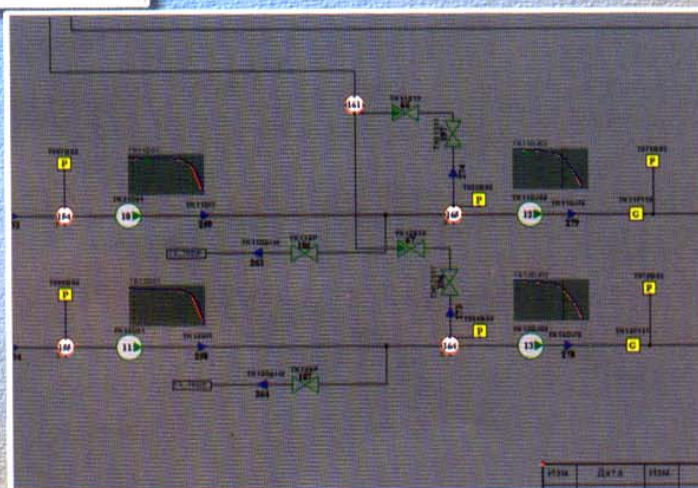


График процесса может быть выведен на отдельный формат или вставлен в виде элемента в любой другой графический формат ЭНИКАД

атомные электростанции. Это делает экономически целесообразным разработку подобных многофункциональных моделирующих комплексов для СТОУ в различных отраслях промышленности.

Сегодня уровни развития моделирующих комплексов реального времени для СТОУ сильно отличаются в зависимости от отрасли. В одних отраслях, например в атомной энергетике, накоплен значительный опыт разработки таких комплексов, в других отраслях, например в химии и нефтехимии, движение по этому пути лишь начинается.

Поскольку стоимость разработки современного всережимного моделирующего комплекса реального времени для СТОУ высока, то для отраслей, где создание таких комплексов только начинается, был бы крайне полезен опыт тех отраслей, где такие комплексы уже получили широкое распространение.

Исторически одной из первых отраслей, где подобные комплексы начали развиваться, была атомная энергетика. В ней они начали использоваться, в первую очередь в полномасштабных тренажерах для подготовки персонала АЭС, уже несколько десятилетий назад. Этому, прежде всего, способствовало жесткое давление на АЭС со стороны национальных регулирующих органов и МАГАТЭ.

Сегодня ни в одной стране с развитой атомной энергетикой эксплуатация АЭС невозможна без полноценной периодической подготовки персонала на полномасштабных тренажерах (ПМТ). В последнее время на АЭС все чаще, в дополнение к крайне дорогим всережимным полномасштабным тренажерам, имеющим точные копии громоздких блочных щитов управления (БЩУ) АЭС, с успехом используются более дешевые компактные компьютерные тренажеры различного класса. Эти тренажеры, в отличие от ПМТ, где осуществляется комплексная подготовка всей смены БЩУ, предназначены для индивидуальной подготовки персонала перед выходом на ПМТ. Такая "многоступенчатость" позволяет сделать тренажерную подготовку более качественной и экономически эффективной. По мере перехода на построение БЩУ на основе современных средств АСУ ТП, комплексные компьютерные тренажеры по своим возможностям будут приближаться к ПМТ.

Скорее всего, по такому же сценарию будет идти развитие тренажерной подготовки сначала для взрывоопасных химических производств, а затем и для тепловых электростанций. Этому, так же как и в атомной энергетике, будут способствовать как усиление давления регулирующих органов, так и постепенное осознание руководством предприятий необходимости качественной тренажерной подго-

товки персонала, непосредственно влияющей на безаварийность и эффективность производства.

Основу любого ПМТ или комплексного компьютерного анализатора СТОУ составляет всережимная модель реального времени базового энергоблока, стоимость разработки которой обычно составляет около 70% стоимости ПМТ. На заре развития тренажеров для АЭС такие комплексные модели разрабатывались практически полностью на основе ручного кодирования. Их создание было очень трудоемким и дорогостоящим. Развитие мирового тренажеростроения постепенно привело к образованию небольшого количества специализированных фирм, к числу которых можно отнести такие, как STN ATLAS ELEKTRONIK (Германия), CAE (Канада) и др. Эти фирмы стали разрабатывать автоматизированные средства проектирования, сборки и отладки комплексных моделей СТОУ, пригодные для схожих по структуре объектов в разных отраслях. Такие средства позволили им резко повысить эффективность разработки и сделать сам процесс создания моделей СТОУ более технологичным и документируемым, а в итоге – более качественным, быстрым и дешевым, что обеспечивало этим фирмам выигрыши тендеров на получение крупных заказов на ПМТ. Сегодня создание современного тренажера уже немыслимо без специализированной системы его разработки, отладки и сопровождения, т.к. в противном случае невозможно обеспечить жесткие критерии качества, предъявляемые к тренажерам в атомной энергетике.

Хорошим примером современного полномасштабного тренажера наиболее сложного на сегодняшний день объекта атомной энергетике – энергоблока Игналинской АЭС с реактором РБМК-1500 – является тренажер, созданный в 1998 г., с применением всего арсенала современных средств разработки, совместно фирмами STN ATLAS ELEKTRONIK и ЭНИКО ТСО (Экспериментальное научно-исследовательское и конструкторское объединение «Тренажерные системы обучения»).

Каждая крупная тренажеростроительная фирма, как правило, имеет собственную платформу для разработки моделей СТОУ. Эти платформы у разных фирм близки по функциональным возможностям, но отличаются конкретной реализацией: разные фирмы используют различные рабочие станции и операционные системы. Примером такой платформы является описанный в статье Чернакова В.А. и Кориковского К.П. программный комплекс "ЭНИКАД", разработанный фирмой "ЭНИКО ТСО", базирующейся в МИФИ и имеющей более чем 20-летний опыт разработки тренажеров для АЭС, в том числе в кооперации с ведущими западными фирмами.

На базе программного комплекса "ЭНИКАД" в 2001 г. была завершена разработка многофункционального анализатора режимов реакторного отделения (МФА-РО) АЭС с ВВЭР-1000. МФА-РО является типичным примером современного многофункционального моделирующего комплекса, поэтому рассмотрим его возможности более подробно.

МФА-РО работает под операционной системой WINDOWS 98/2000/NT. Базовым аппаратным комплексом МФА-РО является двухмониторная (21") рабочая станция на базе процессора INTEL PENTIUM®-IV с тактовой частотой 1,2 ГГц. МФА-РО может работать и на одномониторных стандартных ПЭВМ на базе процессоров INTEL, но при тактовой частоте процессоров ниже 800 МГц нарушается режим расчета модели в реальном масштабе времени.

МФА-РО является многоцелевым моделирующим комплексом: он может быть использован как для информационной и расчетной поддержки эксплуатации в отделе ядерной безопасности АЭС, так и для подготовки персонала по должностям отдела ядерной безопасности, оперативным должностям реакторного цеха и блочного щита управления в рамках учебно-тренировочного пункта (УТП) АЭС.

В целях повышения эффективности процесса обучения в МФА-РО предусмотрена возможность объединения по сети нескольких рабочих станций, обучаемых с рабочей станцией инструктора, в один дисплейный класс. Инструктор со своей станции может незаметно для обучаемого контролировать его действия и вводить различные отказы. Это дает возможность одному инструктору проводить тренажерные занятия с целым классом обучаемых, каждый из которых выполняет свой индивидуальный набор выбранных для него из банка и заранее подготовленных учебных задач.

В состав программного обеспечения МФА-РО входят:

- моделирующая система;
- графический интерфейс модели;
- система формирования заданий;
- система поддержки процессов сопровождения и обучения;
- исполняющая система, обеспечивающая функционирование программ МФА-РО.

МФА-РО является открытой для пользователя системой и позволяет ему без специальных знаний по программированию наращивать и модифицировать банк инженерных и учебных задач.

Моделирующая система МФА-РО имеет следующие функциональные характеристики:

- обладает необходимой информационной полнотой, т.е. обеспечивает расчет всех параметров, не-

обходимых для анализа режимов основного оборудования реакторного отделения и его вспомогательных систем, управления системами, а также восприятие этих управлений моделью. Общее число моделируемых в МФА-РО параметров – 98405, моделируемых датчиков КИП – 872, единиц арматуры – 353, регуляторов – 56;

- обладает достаточной статической (на уровне приборных погрешностей энергоблока) и динамической точностью для инженерной поддержки эксплуатации энергоблока, прогнозирования эксплуатационных характеристик оборудования 1-го и 2-го контуров, применения в учебных целях в системе профессиональной подготовки АЭС;

- обеспечивает расчет в реальном времени всех параметров, необходимых для тестирования АСУ ТП энергоблока;

- обеспечивает необходимые сервисные функции: "старт", "стоп", "откат", "рестарт" процесса и т.д.;

- имеет модульную структуру для облегчения разработки, отладки и настройки модели, а также ее дальнейшей модификации и сопровождения;

- воспроизводит широкий спектр режимов нормальной эксплуатации (пуск, работа на разных уровнях мощности, останов энергоблока), режимов с нарушением условий нормальной эксплуатации (отказы любых моделируемых в МФА-РО датчиков КИП, арматуры, регуляторов) и тяжелых аварийных режимов, в том числе всех предусмотренных проектом технического обоснования безопасности АЭС, включая максимальную проектную аварию с разрывом главного циркуляционного контура.

Графический интерфейс обеспечивает взаимодействие пользователя с моделью и исполняющей системой для выполнения задач:

- отображения состояния моделируемого в рамках МФА-РО оборудования;

- управления моделями оборудования АЭС в реальном масштабе времени при выполнении инженерных и учебных задач;

- управления ходом выполнения инженерных и учебных задач;

- управления состоянием МФА-РО.

Взаимодействие пользователя с моделью осуществляется через экранные форматы, воспроизводящие технологические схемы систем и содержащие органы управления, "чувствительные" к воздействию "мыши". Общее количество форматов в МФА РО – 48. Состав экранных форматов и их вид может быть изменен заказчиком без участия разработчика.

Особую важность при изучении процессов в активной зоне представляет понимание законов изменения различных пространственных полей в

зоне и их взаимосвязь. Для облегчения этого процесса в рамках МФА-РО предусматривается визуализация двумерных и трехмерных распределений параметров поля цветом и в цифровом выражении на картограммах различного вида.

Система формирования заданий обеспечивает с помощью встроенного языка сценариев задание произвольной последовательности событий с наложением произвольных отказов, задание списка протоколируемых параметров и событий для их вывода на диск с необходимой частотой, а также задание глубины «отката». Данная система позволяет, в частности, формировать для любого момента кампании реактора произвольный сценарий перехода с мощности на мощность, произвольный алгоритм перемещения органов СУЗ, задавать список рассчитываемых специальным образом параметров по активной зоне (эффекты и коэффициенты реактивности, интегральные и дифференциальные эффективности органов СУЗ и т. д.).

Система поддержки процесса сопровождения и обучения в рамках МФА-РО обеспечивает выполнение отдельных инженерных и учебных задач (ИЗ и УЗ). Задача определяет исходное состояние моделируемого оборудования, выполняемый технологический режим, конечное состояние оборудования, способы и ограничения управления им, а также возмущающие воздействия, автоматически вносимые в процессе выполнения задачи.

В МФА-РО имеется возможность выполнять следующие задачи:

- инженерные задачи эксплуатационного сопровождения и прогнозирования параметров блоков АЭС;

- учебные задачи (контрольные задачи и задачи со свободным сценарием).

Задачи предназначены для исследования протекания процессов в различных режимах работы технологических систем. Пользователю (как в режиме ИЗ, так и в режиме УЗ) предоставляется возможность ввода различных отказов оборудования и изучения их последствий. Перечень изучаемых в ходе данной задачи процессов определяется заранее и описывается во "вводной", которая может быть сформирована как инструктором, так и самим пользователем.

При решении инженерных задач пользователь может выбрать исходное состояние энергоблока из банка состояний и, если требуется, изменить его.

В ходе выполнения учебных задач (при использовании МФА-РО в УТП) обучаемый должен выполнить действия, направленные на достижение цели, определенной во "вводной" к УЗ. Выполнение задачи осложняется различными, заранее не-

известными обучаемому отказами оборудования, вводимыми автоматически по подготовленному заранее сценарию незаметно для обучаемого. В этом режиме ведется протоколирование технологических параметров и действий обучаемого.

Занятие обучаемого сводится к выполнению в любом порядке списка УЗ, определенных для него инструктором. При этом непосредственное участие инструктора при выполнении УЗ обучаемым не требуется: МФА-РО автоматически "ведет" обучаемого и протоколирует его действия. Такое решение позволяет небольшому числу инструкторов эффективно вести обучение больших групп обучаемых.

В рамках МФА также предусмотрено выполнение УЗ со свободным сценарием, в ходе исполнения которых пользователь сам может вводить необходимые отказы. Такой режим позволяет обучаемому использовать МФА-РО в ходе самообучения, а инструктору – в ходе чтения лекций для демонстрации отдельных режимов и явлений.

В систему поддержки процесса сопровождения и обучения должны входить следующие подсистемы:

- подсистема поддержки выполнения ИЗ и УЗ;
- подсистема контроля;
- подсистема разработки и модификации ИЗ и УЗ.

Подсистема поддержки ИЗ и УЗ выполняет совместно с исполняющей системой следующие функции:

- инициализацию исполняющей системы в соответствии с требованием текущей ИЗ и УЗ;

- управление МФА-РО: функции "пуск", "стоп", "масштаб времени", "откат", "сохранить состояние", "восстановить состояние", "задать отказ";

- внесение в процессе выполнения ИЗ и УЗ возмущений (отказов оборудования) в соответствии со сценарием задачи или по инициативе пользователя;

- расчет критериев качества выполнения УЗ;

- протоколирование действий пользователя и хода технологических процессов во время выполнения ИЗ и УЗ для последующего анализа.

Система контроля выполнения задач обеспечивает фиксацию результатов выполнения ИЗ и УЗ в архиве протоколов и их последующий анализ. Для анализа протокола и получения итоговой оценки (для УТП) предоставляется информация в виде:

- таблиц и графиков изменений технологических данных во времени в произвольно выбранном масштабе;

- величин отдельно вычисляемых функционалов (критериев качества);

- списка операций технологического управления с метками времени;

- списка событий – срабатывания сигнализации, отказы и т.д. с метками времени.

Система разработки и модификации ИЗ и УЗ обеспечивает подготовку задач в интерактивном режиме и сохранение их в архиве задач. Подготовка ИЗ и УЗ включает в себя задание:

- модели, обеспечивающей выполнение ИЗ и УЗ (в дальнейшем, при развитии МФА-РО, таких моделей может быть несколько);
- начального состояния модели;
- текста вводной;
- сценария автоматического ввода возмущений или отказов оборудования;
- критериев оценки выполнения задачи;
- логического условия завершения задачи;
- состава протокола выполнения ИЗ и УЗ;
- состава доступных для пользователя команд управления МФА-РО.

Исполняющая система (ИС) обеспечивает совместную работу отдельных систем МФА-РО и выполняет следующие функции:

- организацию данных;
- обеспечение работы моделирующей системы;
- поддержку интерфейсных функций.

Организация данных. Технологические данные сохраняются в общих областях памяти ПЭВМ и совместно используются различными системами МФА-РО. ИС обеспечивает:

- доступ к общим данным по их технологическим именам;
- запись на диск или чтение с диска содержимого общей памяти для поддержки операций с состояниями модели.

Для обеспечения работы моделирующей системы ИС выполняет следующие функции:

- загрузку моделирующей системы в память машины; после окончания загрузки должна осу-

ществляться инициализация данных модели в соответствии с начальным состоянием ИЗ и УЗ;

- ведение модельного времени с учетом временного масштаба моделирования;
- распределение времени процессора между компонентами моделирующей системы в соответствии с описанием параметров диспетчеризации модели;
- поддержку операций "пуск", "стоп", "масштаб времени".

Для поддержки интерфейсных функций ИС обеспечивает:

- загрузку выбранного по инициативе пользователя экранного формата и отображение на нем состояния данных модели;
- прием и интерпретацию команд, задаваемых с помощью манипулятора "мышь" и клавиатуры;
- доступ к справочной информации о текущей ИЗ и УЗ.

В рамках МФА-РО предусмотрена возможность автоматизированного использования реальных данных о состоянии активной зоны от системы централизованного контроля базового энергоблока для получения исходных состояний модели МФА-РО – эффективного средства поддержки эксплуатации энергоблока и удобного средства подготовки персонала. В нем, как и в инструментальной оболочке "ЭНИКАД", интегрирован многолетний опыт ЭНИКО ТСО в области разработки компьютерных тренажеров для подготовки персонала АЭС, создания инструментальных средств для компьютерного моделирования сложных технологических процессов.

*Виктор Алексеевич Чернаков,
ген. директор ЭНИКО ТСО*

*Михаил Андреевич Осадчий, вед. научн. сотр.
Тел.: (095) 323-95-99, 324-09-93.*

* * * * *

В.А. ЧЕРНАКОВ, К.П. КОРИКОВСКИЙ

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ЭНИКАД

Комплекс ЭНИКАД является базовым продуктом Экспериментального научно-исследовательского и конструкторского объединения «Тренажерные системы обучения» (ЭНИКО ТСО), расположенного в МИФИ. Комплекс предназначен для разработки и эксплуатации компьютерных моделирующих систем со специализированным графическим интерфейсом. Класс таких систем весьма широк и включает в себя тренажеры, анализаторы, системы-советчики, визуализаторы архивных или текущих данных различных технологических объектов, включая наиболее сложные, такие как атомные и тепловые электростан-

ции, химические и нефтехимические производства.

Откуда появился ЭНИКАД? Немного истории. Большинство сотрудников ЭНИКО ТСО, выпускников МИФИ, знают о компьютерном моделировании не понаслышке. В далеком уже 1976 г. на одной из кафедр МИФИ была начата интересная работа. Необходимо было создать тренажер для подготовки персонала одного из атомных объектов страны. Все было непросто. Разрабатывались приемы моделирования сложного объекта на аналоговых вычислительных средствах – о компьютерах приходилось только мечтать. Проектировались пульта

и схемы сопряжения. Проектные работы, монтаж, наладка продолжались долгие 5 лет.

Работа была успешно завершена. Одним из уроков, усвоенных разработчиками, было понимание необходимости большей гибкости в средствах моделирования. Такую гибкость мог дать только компьютер. Но компьютеры 80-х годов были мало приспособлены для сложного моделирования в реальном времени.

В начале 90-х годов в страну хлынули персональные компьютеры, и бывшие электронщики переквалифицировались в программистов. Какими "хилыми" были первые персоналки! Но возможность работы с цветными графическими изображениями, удобство создания программ и небольшая стоимость самого компьютера перевесили все минусы. Так родилось новое направление работ – компьютерное моделирование в сочетании с широким использованием графического интерфейса.

Первой ласточкой стала система, которую называли ГИМ – Графический Интерфейс с Моделью. Казалось, что тут особенного? В то время по всей стране создавались сотни программ для персоналок, которые использовали графику для общения с пользователями. Однако в ГИМ была заложена плодотворная идея разделения моделирующей и интерфейсной части программы. Связующим звеном служили сами переменные модели, расположенные в COMMON-областях. Графическая часть строилась из отдельных элементов, ассоциированных с этими переменными. После каждого шага счета модели значения переменных передавались графическим элементам, что вызывало их перерисовку. Действия пользователя, в свою очередь, изменяли значения других переменных, тем самым становясь доступными модели. Синхронизация переменных производилась исполняющей системой ГИМ автоматически на основании специального описания.

Выбранный подход переводил ГИМ в разряд инструментальных средств. Независимость моделирующей и интерфейсной части позволяла легко модернизировать модель и экранные форматы, объединяя их только при запуске системы. На основе ГИМ в середине 90-х годов был создан ряд тренажеров для предприятий атомной энергетики (Курская, Южноукраинская АЭС).

Однако вскоре проявились недостатки реализации системы ГИМ. Препятствием на пути создания масштабных проектов стала операционная система DOS, предоставляющая слишком мало ресурсов программе. Появление и широкое распространение в 1995 г. 32-разрядной системы Windows стало сигналом к созданию нового программного комплекса, который получил название ЭНИКАД. При разработ-

ке учитывались функциональные особенности аналогичных систем ведущих тренажеростроительных фирм: STN ATLAS ELEKTRONIK (Германия), CORYS (Франция), GPI (США), с которыми сотрудникам ЭНИКО ТСО удалось ознакомиться.

Какие задачи ставили перед собой разработчики ЭНИКАД? Сохраняя архитектурные достоинства ГИМ, было решено развивать систему в следующих направлениях:

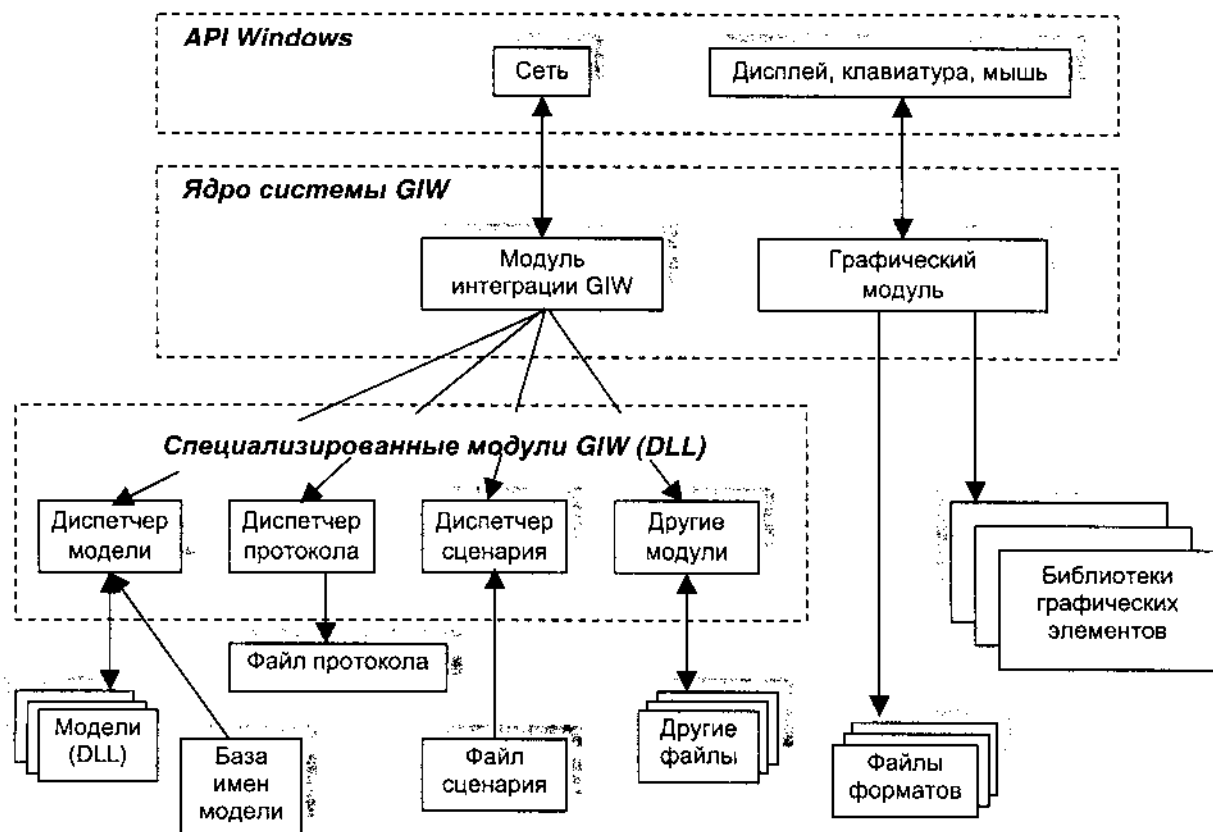
- создание единой среды разработки-выполнения для удобства реализации и сопровождения прикладных систем;
- интеграция в систему полнофункционального графического редактора для создания графического интерфейса;
- поддержка и автоматизация создания моделирующего кода;
- создание масштабируемой исполняющей системы, способной функционировать на многопроцессорных и сетевых комплексах;
- поддержка эксплуатации прикладных систем.

Основным компонентом ЭНИКАД является программа GIW (Graphical Interface Workshop). Программа реализована по модульному принципу – к ядру GIW могут добавляться специализированные подсистемы (в виде DLL), обеспечивающие требуемую функциональность создаваемой системы. Сборка комплекса производится на этапе загрузки на основании файла конфигурации.

Попробуем разобраться в архитектуре GIW. Базовыми понятиями являются модель и экранные форматы.

Термин «модель» используется в контексте GIW в качестве синонима для источника данных, поступающих в реальном масштабе времени. Например, моделью может служить программа доступа к базе данных или интерфейсная программа с оборудованием – источником данных. Модель создаётся из программного кода, который пишется вручную на языке Фортран или Си, либо получается автоматически с помощью одной из интегрированных систем автоматического проектирования (САПР).

Форматы, в свою очередь, представляют собой рисунки в специальном векторном представлении, изображаемые графическим модулем в окнах Windows. Форматы могут быть разных типов. Интерфейсные форматы являются средством управления и представления данных модели, внешний вид и функциональность таких форматов полностью в руках разработчика. Отладочные форматы в виде таблиц или графиков также обеспечивают взаимодействие с моделью. Наконец, форматы САПР, нарисованные по определенным правилам, являются источником получения программного кода



Структура GIW

Строительным материалом для форматов всех типов служат так называемые графические элементы. Графические элементы – это специальные объекты со специфическим визуальным представлением и функциональностью. В настоящий момент разработано большое количество элементов. Их можно отнести к следующим классам:

Статические элементы включают в себя базовые графические примитивы. Множество статических элементов простирается от простейших (отрезок, прямоугольник, эллипс, текст и т.д.) до весьма сложных (фигуры на основе кривых Безье, градиентные заливки, видеофрагменты). Статические элементы предназначены в основном для создания фонового изображения интерфейсных форматов.

Динамические элементы – это разнообразные изображения, изменяющие свой вид в зависимости от значений переменных модели или, наоборот, изменяющие переменные модели при определенных действиях пользователя. Динамические элементы бывают универсальными (типа кнопок или графиков) или специализированными (изображения арматуры конкретной технологической установки). Динамические элементы являются основой для организации интерфейса с моделью и всегда ассоциированы с одной или несколькими переменными модели.

Элементы САПР представляют собой базу для создания схем различных типов. Характерной особенностью таких элементов является способность порождать фрагменты моделирующего программного кода. Для каждого типа САПР существует свой набор первичных элементов. Для представления типовых узлов оборудования из первичных элементов могут быть созданы макроэлементы, используемые в дальнейшем наравне с остальными элементами.

Графические элементы оформляются в виде подгружаемых библиотек. Идея использования библиотек очень плодотворна. С одной стороны, это прекрасный способ наращивать и подстраивать элементную базу под нужды конкретной разработки. С другой стороны, ненужные для проекта библиотеки можно исключать, разгружая систему от лишних объектов.

Все аспекты функционирования форматов с размещенными на них элементами находятся под управлением графического модуля GIW. По сути, этот модуль представляет собой универсальный графический редактор с развитым набором функций. Объектно-ориентированная природа элементов позволяет легко модернизировать форматы. Каждый элемент имеет так называемые свойства. Изменяя свойства элемента, разработчик настраи-

вает его под свои нужды. Важно подчеркнуть, что любые процедуры редактирования или настройки элементов выполняются единообразно для любого элемента в системе.

Посмотрим, как реализован поток информации в системе. Основным способом обмена данными между моделью и остальными частями системы является организация совместного доступа к COMMON-областям модели. Для глобальной идентификации данных используются синонимы программных идентификаторов, так называемые технологические имена, обычно хорошо известные специалистам-технологам моделируемого объекта. При этом осуществляется разделение пространства имен различных программных объектов при обеспечении пространства глобальных имен, общих для всего проекта.

Такой подход позволяет:

- эффективно декомпонировать модель в рамках проекта и программировать отдельные модули (объекты) независимо один от другого;
- на базе согласованного интерфейса вести параллельную разработку программных объектов проекта, в том числе разными коллективами разработчиков;
- использовать русские глобальные имена переменных проекта, что дает возможность моделировать все без исключения отечественные технологические объекты.

Поддержка связей моделей средствами GIW обеспечивает корректную передачу данных между различными объектами проекта в однопроцессорной, мультипроцессорной и сетевой вычислительных средах. В то же время исполняющая система GIW гарантирует разделение и сохранение данных отдельных программных объектов, не участвующих в связях, независимо от используемых совпадающих программных имен.

Рассмотрим другой аспект функционирования GIW – поддержку диспетчеризации моделей реального времени. Исполняющая система GIW обеспечивает вызов моделей в соответствии с фиксированной сеткой вызовов, привязанной к реальному времени. В пределах этой сетки для каждого программного объекта могут быть установлены шаг и фаза вызова, а также очередность вызовов моделей, у которых совпадают шаг вызова и фаза. Это обеспечивает правильный старт комплексной модели, а также позволяет строить различные численные схемы средствами исполняющей системы, эффективно распределять процессорное время между различными программными объектами с сильно различающимися динамическими свойствами. Минимальный шаг не ограни-

чен и определяется только потребностями моделирования и вычислительной мощностью процессора. Диспетчер моделей реализует также важную сервисную функцию – замедление или ускорение темпа моделирования.

Для обеспечения работы модели сложных технологических процессов в реальном времени имеется возможность распараллеливания процесса вычислений с использованием многопроцессорных вычислительных структур. Исполняющая система GIW полностью берет на себя решение вопросов диспетчеризации и синхронизации моделей, а также обмена данными.

Другой способ повышения производительности – это организация сетевой вычислительной среды. При моделировании в реальном времени сложных систем, в том числе требующих многотерминального графического интерфейса, GIW позволяет размещать модели отдельных систем на отдельных машинах, связанных по сети. При этом синхронизация моделей, связь с базой имен моделей, экраным интерфейсом и средствами отладки осуществляется средствами GIW.

Для функционирования прикладных систем обычно возникает потребность в ряде сервисных функций. Эти функции реализуются в GIW специализированными подгружаемыми модулями.

Диспетчер протокола реализует возможность сохранения параметров процесса и управляющих воздействий в файле протокола. Наличие протокола позволяет на количественном уровне исследовать поведение модели, оценивать динамическую реакцию на отдельные события, сравнивать поведение модели в различных условиях работы, накапливать базу протоколов для последующего анализа. По графику протокола в целом или по любой его части можно получить распечатку для документирования результатов численного эксперимента.

Диспетчер сценариев обеспечивает возможность задания управляющих воздействий на модель из сценария, написанного заранее на простом метаязыке. Система используется для создания тестовых или учебных задач. Например, сценарий позволяет унифицировать условия проведения серии тестов для сравнения результатов различных настроек параметров моделей.

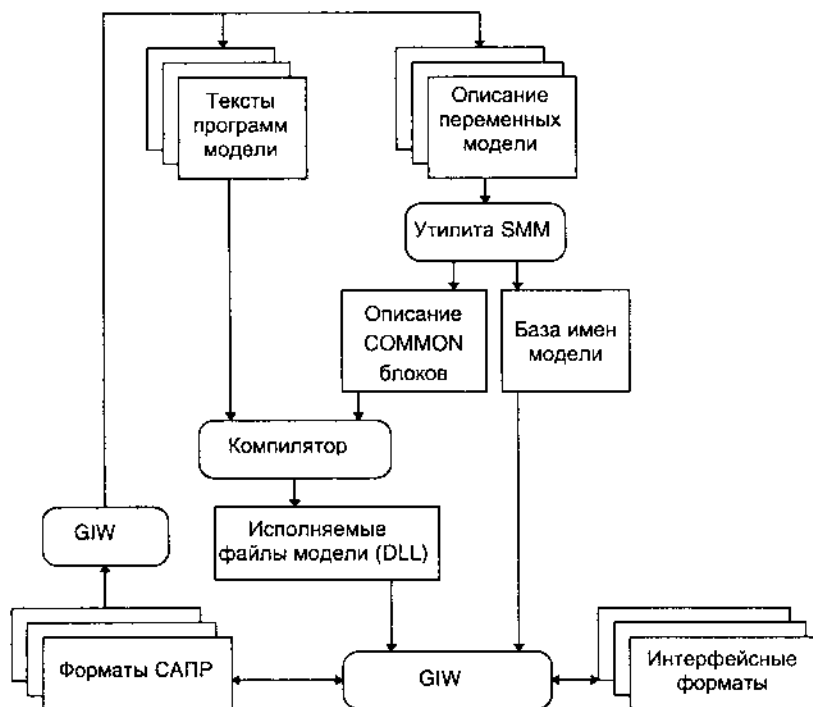
Подсистема работы с состояниями модели реализует следующие функции:

- сохранение полного состояния модели процесса или любой его части по выбору;
- загрузку нового состояния модели или любой его части (например, констант настройки отдельного программного модуля);

- откат модели на запомненное предыдущее состояние; число возможных откатов и шаг по времени можно регулировать.

Закончив обзор основных подсистем GIW, рассмотрим теперь, как происходит создание прикладной системы.

GIW является интегрированной средой и обеспечивает процесс разработки разнообразных технологических систем на всех стадиях: создания моделей и графических форматов, автономной отладки, сборки, комплексной отладки и эксплуатации. Как правило, процесс разработки прикладной системы, за исключением создания исполняемых файлов модели, производится непосредственно в среде GIW. Для систематизации рабочих файлов различных типов используется встроенный менеджер проекта.



Процесс разработки прикладной системы в среде GIW. С использованием менеджера проекта пользователь работает только с форматами САПР и интерфейсными форматами

В GIW предусмотрена декомпозиция сложных моделей на логически законченные подсистемы, реализуемые в виде отдельных загружаемых модулей. Такой подход обеспечивает возможность автономной разработки отдельных частей модели с последующей их интеграцией на заключительных этапах проектирования. Модели в GIW могут строиться как при помощи встроенных в него средств автоматизации (САПР моделей автоматики, САПР моделей теплогидравлических систем и САПР моделей электрических систем), так и вручную. Познакомимся с особенностями САПР разных типов.

Модель сложной технологической системы, как правило, включает в себя модели физических процессов, происходящих в системе, а также модели технологической автоматики, защит, блокировок и управления, т.е. модели логико-динамических систем.

САПР систем автоматики предназначен для упрощения создания моделей логико-динамических систем. Структура такой системы включает в себя набор динамических звеньев и функциональных преобразователей аналоговых и логических сигналов, соединенных друг с другом направленными связями. Расчет параметров состояния каждого звена схемы производится последовательно, а порядок обхода элементов схемы определяется на основе анализа направленного графа этой схемы с учетом возможных обратных связей. Для выявленных контуров обратных связей производится коррекция запаздывания на расчетный шаг.

В основе представления исходной информации о структуре системы, ее элементах и параметрах лежит графическое представление эквивалентной технологической схемы системы.

Элементы схемы реализуют все возможные динамические, статические или специализированные функциональные элементы системы. Такие элементы поставляются в виде библиотеки стандартных элементов в составе САПР автоматики, а также могут изготавливаться самим пользователем на базе уже существующих элементов. Для изготовления специализированных элементов схем используется та же самая графическая среда, что и для разработки самих схем системы. Программный код элемента может быть получен как при обработке соответствующей схемы эле-

мента, так и написан вручную с использованием всех средств и возможностей программирования в стандарте FORTRAN-90. Это дает возможность наряду с большой наглядностью и простотой схемы использовать для обработки сигнала сложные программные алгоритмы.

Мнемоника элементов для вставки в схемы САПР автоматики создается одновременно с описанием кода элемента, его данных и точек подключения и соответствует стандартным изображениям соответствующих логических, аналоговых или смешанных элементов.

При таком подходе к изготовлению элементной базы схем САПР появляется возможность моделирования схем устройств технологической автоматики и логики методом прямой аналогии с отражением всех реальных элементов схемы устройства и связей между ними. Большая по объему схема САПР автоматики может быть разбита на произвольное число отдельных листов схемы с сохранением связей между ними. Такое множество листов схемы системы обрабатывается как единая схема.

Результатом компиляции схемы САПР автоматики является программный код этой схемы, а также файлы объявления переменных, используемых этой схемой, и начального состояния переменных схемы САПР. Начальные значения переменных состояния элементов схемы САПР задаются в интерактивном режиме при рисовании схемы и позволяют «стартовать» такую схему как автономно, так и в составе комплексной модели без ложных импульсных сигналов или переходных процессов, не обусловленных внешними сигналами. Также в интерактивном режиме при проектировании схемы САПР задаются все константы - параметры настройки элементов схемы.

САПР систем автоматики позволяет производить автономную предварительную отладку технологической системы без включения ее в полный проект. Для этого на основе схемы САПР автоматики собирается отдельная модель, которая может быть запущена в отсутствие других моделей под управлением GIW.

Среда разработки позволяет контролировать сигнал в любой точке схемы САПР автоматики в реальном времени, изменять параметры настройки элементов.

Для связи с другими системами в рамках комплексной модели используются элементы типа «разъем». В случае автономной работы полученной модели системы они выступают как источники граничных условий для модели системы.

Каждый лист схемы моделируемой системы оформляется в соответствии с требованиями, предъявляемыми к аналогичной конструкторской документации. Распечатка таких схем системы является полным отчетным документом по модели этой технологической системы и содержит всю информацию о структуре связей элементов схемы, параметрах их настройки, внешних связях системы и необходимых параметрах начального состояния системы.

Средствами САПР автоматики создан ряд функциональных модулей управляющих систем автоматики, включающий основные элементы ря-

да УКТС для управления основными приводами, а также ряд элементов комплексов КАСКАД, предназначенных для построения схем основных регуляторов энергоблоков с реакторами ВВЭР-1000 и РБМК. На основе наработанной общей и специализированной элементной базы производится детальное моделирование управляющих систем энергоблоков ВВЭР-1000 и РБМК для создания моделирующих комплексов класса аналитических тренажеров энергоблоков. В настоящее время создается библиотека элементов для системы TELEPERM-ME (разработки SIEMENS), известной в России под названием ТПТС-51.

САПР моделей теплогидравлических систем предназначен для создания динамических моделей теплогидравлических сетей и разнообразного оборудования в их составе. Он позволяет проектировать модели с использованием набора стандартных (базовых) элементов теплогидравлики, таких как объемы воды и пара, трубы, ступени турбин, насосы, теплообменные аппараты, обратные клапаны, запорная и регулирующая арматура, датчики основных параметров КИП и т.п., а также специализированных (составных) элементов.

При математическом моделировании теплогидравлических систем используется неявная нелинейная схема с внутренними итерациями. На каждой итерации решается система уравнений относительно приращения переменных состояния на данной итерации. Такой подход позволяет существенно уменьшить влияние погрешностей вычислений на результат.

Элементы САПР разрабатываются с помощью редактора элементов САПР, входящего в состав GIW. Разработка новых элементов доступна конечному пользователю. Мнемоника элементов схем САПР в основном соответствует стандартным технологическим схемам теплогидравлических систем. Большая по объему теплогидравлическая схема может быть разбита на произвольное число отдельных листов с сохранением связей между ними. Результатом компиляции схемы САПР теплогидравлики является программный код на языке Фортран и другие файлы.

Разумеется, и в этом случае среда разработки предоставляет полный набор возможностей по настройке, отладке и документации моделей.

САПР моделей электрических систем построен аналогично САПР теплогидравлики и позволяет проектировать модели основного и вспомогательного оборудования электростанций, а также сетевые структуры энергосистем. Базовыми объектами являются модели таких устройств, как

генератор, электродвигатели различных типов, трансформаторное оборудование, кабельные и воздушные линии электропередач, сеть бесконечной мощности, измерительные приборы в точках подключения. Моделируется влияние коммутаций на топологию сети.

Важным этапом в ходе разработки любой модели является процесс отладки. Среда разработки предоставляет возможность отладки как отдельных модулей, так и всей модели. Отладка может производиться в реальном времени и в пошаговом режиме. Предоставлена возможность получения информации о последовательности вызовов моделей, результатах таймирования отдельных моделей и модели системы в целом. Накопление статистики о времени работы отдельных моделей системы, выполняемое внутренним профилировщиком, позволяет правильно распределять ресурс процессора между отдельными моделями, делать заключения о соответствии той или иной модели требованиям реального времени.

Для контроля и управления параметрами модели используются служебные табличные форматы, позволяющие в режиме реального времени вызывать на индикацию или изменять любые переменные модели. Предусмотрен вывод на контроль переменных любых типов, а также их массивов (полностью или в любом заданном диапазоне индексов). Имеется возможность задавать изменение любой переменной скачком или с заданной скоростью нарастания, что позволяет имитировать различные тестовые сигналы.

Кроме того, любая переменная или список переменных модели может быть выведен на отдельный график с последующим документированием. Подведем итог обзора имеющихся в ЭНИКАД средств разработки и отладки модели реального времени. Можно констатировать, что создана инструментальная система, позволяющая создавать адекватные модели практически любых технологических объектов, включая такие сложные, как атомные энергоблоки. Например, разработанный на базе ЭНИКАД анализатор для 2-го энергоблока Калининской АЭС с ВВЭР-1000 обеспечивает точность моделирования технологических процессов, сравнимую с точностью измерений на реальном энергоблоке. Модель воспроизводит поведение объекта в широком спектре штатных режимов, а также при различных отказах оборудования и сложных аварийных режимах типа разрыва главных паропроводов АЭС.

Другой частью проектной работы является создание набора интерфейсных форматов. Разумеется, дизайн, количество и функциональность таких

форматов полностью диктуются требованиями проекта. Однако общие принципы организации интерфейса остаются постоянными – любое взаимодействие с моделью осуществляется с помощью тех или иных динамических элементов, размещаемых на формате. В распоряжении разработчика имеется широкий набор таких элементов.

Для организации разнообразных управляющих воздействий с помощью "мыши" используется универсальный механизм в виде зон управления. Зона управления может иметь прямоугольную или эллиптическую форму. Зоны управления могут составлять двухмерную прямоугольную, треугольную или даже радиальную решетку. Зоны могут быть независимы или зависимы друг от друга. В любом случае, щелчок "мыши" внутри зоны вызовет изменение переменной модели, тем самым сигнализируя о наступлении некоторого события. Обычно зона управления не имеет визуального представления, давая разработчику право самостоятельно изобразить поверх зоны адекватный орган управления. Частным случаем зон управления являются кнопки разных видов. Имеются специализированные зоны управления для выполнения служебных функций: перехода на другой формат, вызова подсказки и т.д.

При необходимости передать программе числовой или символьный параметр разработчик может разместить на формате строку ввода. Размер, ориентация, шрифт, цвет – все поддается настройке.

Богатый выбор предоставляется разработчику для отображения состояния модели. Для экранного интерфейса применимы разные стили оформления: имитация фрагментов пультов и панелей, изображения технологических схем с управляемыми мнемознаками, копии экранов управляющих компьютеров. Базовая библиотека элементов включает в себя компоненты любых известных приборов: стрелочных, показывающих, цифровых. Существующие библиотеки мнемознаков охватывают мнемоники, используемые в практике атомных и тепловых электростанций разных типов.

Графический редактор позволяет объединять в группы элементы разных типов. Это дает возможность создания типовых интерфейсных конструкций. Интересно, что группы элементов можно сделать управляемыми от модели, изменяя их взаимное расположение и видимость. Так организуются простейшие формы анимации.

Любой динамический элемент становится связанным с моделью после назначения ему специального свойства – интерфейсного имени – в форме технологического имени или программного

идентификатора. Интересной особенностью графического модуля GIW является способность совмещения редактирования и отображения состояния элемента от модели. Эта функция особенно полезна при окончательной доводке интерфейса.

Но вот разработка проекта завершена. Теперь на сцену выходят другие программы ЭНИКАД, призванные облегчить использование прикладной системы. Исполняющей системой по-прежнему является GIW с заблокированными функциями редактирования, но его запуск производится из специальной оболочки – планировщика заданий.

Для чего нужен планировщик заданий? Представим себе, что мы сделали обучающую систему – тренажер. Процесс обучения организуется в форме курса из ряда занятий. Каждое занятие состоит из сеанса работы на тренажере, настроенного на решение вполне определенной учебной цели. Настройка включает в себя определение круга имитируемого оборудования, начальных условий, цели, условий достижения цели, параметров для контроля качества управления технологическим процессом и т.д. Вся совокупность описаний такого рода, представленная в виде конфигурационных параметров GIW, оформляется в форме задания.

Планировщик заданий позволяет накапливать разработанные и проверенные задания в общей базе. В базе планировщика сохраняются также сопутствующие файлы: сценарии, списки протоколируемых переменных, а также результаты тренировок в форме протоколов.

Функцией планировщика заданий является также организация обучения в компьютерных классах. Инструктор имеет возможность централизованно запускать произвольные задания на любых компьютерах класса. При необходимости компьютер инструктора может быть подключен в режиме монитора к тренажеру, выполняющему задание. Это позволяет проводить скрытое наблюдение за операциями обучаемого, вносить необходимые коррективы или, наоборот, вводить неожиданные возмущения или отказы.

После завершения задания наступает этап оценивания результатов тренировки. В качестве ис-

точника информации используется протокол, накопленный в ходе занятия. Просмотр протокола инициируется из архива протоколов планировщика заданий. Анализ протокола производится в специальной программе просмотра протоколов – последней из рассматриваемых частей ЭНИКАД.

Протокол включает в себя информацию об изменении значений переменных во времени, событиях, связанных с изменениями значений переменных, и системных событиях.

Протокол в общем случае состоит из нескольких фрагментов, называемых траекториями. Начало каждой траектории всегда связано с запуском модели с новыми начальными условиями. Завершение траектории может быть вызвано операцией отката, загрузкой новых начальных условий или завершением сеанса работы.

Программа просмотра протоколов обеспечивает навигацию между траекториями, позволяет просматривать списки событий и изменения переменных, представленных в виде графиков. При необходимости, различные компоненты протокола могут быть распечатаны на принтере или экспортированы в другие программы для составления отчета.

С момента, когда были написаны первые строки программного кода ЭНИКАД, прошло уже немало лет. За это время комплекс прошёл путь взросления, шлифовки на крупных проектах. В итоге удалось создать лицензионно чистый российский продукт, не уступающий лучшим зарубежными образцам. Разработчики и по сей день продолжают совершенствовать программы ЭНИКАД, отражая в них новейшие тенденции и технологии, появляющиеся в мире Windows. Фирма ЭНИКО ТСО надеется, что комплексу ЭНИКАД уготовлена долгая и счастливая жизнь, и ждет своих заказчиков.

*Виктор Алексеевич Чернаков
Константин Петрович Кориковский*

ЭНИКАД ТСО, Тел.: (095) 323-95-99, 324-09-93

* * * * *