

2. Тестирование алгоритмов, закладываемых в цифровые АСУТП энергоблоков, в связи с их объемом и сложностью, необходимо начинать как можно раньше, желательно уже на стадии разработки технического проекта АСУТП. Оно должно быть всеобъемлющим и проводиться с использованием современных полномасштабных моделирующих комплексов, так как только в этом случае можно в необходимой степени минимизировать число ошибок проекта до выдачи заданий заводам-изготовителям систем АСУТП. Существенные и объемные корректировки проекта после изготовления оборудования АСУТП, тем более на стадии ПНР недопустимы.

3. В связи с тем, что АСУТП 3-го энергоблока Калининской АЭС является прообразом АСУТП энергобло-

**Чернаков Виктор Алексеевич** — заведующий лабораторией "Тренажерные системы" Московского инженерно-физического института (государственного университета), руководитель Центра инженерной поддержки филиала ОАО "ВНИИАЭС" АСУТП.  
Контактный телефон (495) 323-95-99, факс 324-09-93.  
E-mail: [contact@eniko.ru](mailto:contact@eniko.ru) [Http://www.eniko.ru](http://www.eniko.ru)

## Об опыте разработки и использования новой технологии отладки систем управления

**В.Н. Зимаков (ФГУП "Научно-исследовательский технологический институт им. А.П. Александрова")**

*Рассмотрены требования к математическим моделям (ММ), которые используются в современной технологии отладки систем управления (СУ) ядерными энергетическими установками (ЯЭУ). Показано, что для отладки таких систем управления в наибольшей степени подходят математические модели, используемые в полномасштабных тренажерах. Ввиду сложности тренажерных ММ ЯЭУ их разработка для заявленной цели должна выполняться с применением систем автоматизации программирования. Приведен пример отладки реальной СУ с использованием продекларированного подхода.*

Применение математических моделей (ММ) в качестве генератора сигналов при отладке алгоритмов управления и создании систем управления (СУ) для сложных технических объектов является обычным, традиционным подходом. При этом широкое распространение получили логико-математические модели, отличительной особенностью которых является приближенное моделирование динамики объекта и логическое формирование условий срабатывания проверяемого сигнала. Существенным недостатком такого метода применительно к ядерным энергетическим установкам (ЯЭУ) является необходимость довольно продолжительной отладки СУ непосредственно на объекте с участием большого числа наладчиков. С развитием средств вычислительной техники появилась возможность существенного изменения технологии создания СУ, при которой основной объем работ связан уже не с наладкой СУ непосредственно на объекте, а с работами на специализированном полигоне и практически полном завершении работ без выхода на объект.

В начале 90-х годов XX века в НИТИ им. А.П. Александрова были сформулированы предложения об использовании реперных ММ в технологии создания и отладки реальных СУ. Реперная ММ верифицируется по множеству точек (реперов) с экспериментальными данными, поэтому по качеству генерируемых сигналов реперную ММ можно считать эквивалентной реальному объекту управления. Именно такая технология была разработана и использована

при создании реальной СУ для многофункционального стендового комплекса.

Особенностями ММ объектов управления, используемыми в современной технологии создания СУ, являются:

4. В связи со сложностью цифровых АСУТП АЭС, внедряемых на российских АЭС, необходима целевая подготовка специалистов для разработки и эксплуатации таких АСУТП на базе хорошо оснащенной современными специализированными техническими средствами обучения кафедры ВУЗа. Такая специализированная кафедра создается в МИФИ путем реорганизации базовой кафедры "Автоматика".

**Чернаков Виктор Алексеевич** — заведующий лабораторией "Тренажерные системы" Московского инженерно-физического института (государственного университета), руководитель Центра инженерной поддержки филиала ОАО "ВНИИАЭС" АСУТП.  
Контактный телефон (495) 323-95-99, факс 324-09-93.  
E-mail: [contact@eniko.ru](mailto:contact@eniko.ru) [Http://www.eniko.ru](http://www.eniko.ru)

при создании реальной СУ для многофункционального стендового комплекса.

Особенностями ММ объектов управления, используемыми в современной технологии создания СУ, являются:

- полномасштабность, то есть учет всех систем и элементов установки, моделирование полного набора сигналов системы управления и всех контролируемых параметров;
- всережимность — способность воспроизводить любые переходные эксплуатационные режимы, в том числе и аварийные, предусмотренные в техническом обосновании безопасности (ТОБ) установки;
- верификация ММ по многочисленным и разнообразным экспериментальным данным, полученным в основном на полномасштабных стендах-прототипах ЯЭУ;
- работа ММ в масштабе РВ.

Одновременное удовлетворение всем упомянутым требованиям позволяет создать ММ, адекватную по своим статическим и динамическим характеристикам реальному объекту управления. Однако создание подобных ММ требует очень больших затрат. Собственно это обстоятельство и было в прошлом сдерживающим фактором развития и применения реперных ММ при создании реальных СУ. Ситуация кардинальным образом изменилась с появлением систем автоматизации процесса разработки ММ объектов и алгоритмов управления, одной из которых является система "ТЕРМИТ", ориентированная

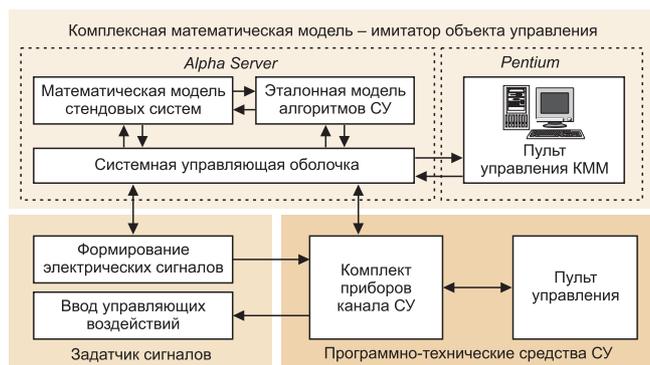


Рис. 1. Структурная схема полигона для отладки и испытаний СУ

на моделирование ЯЭУ. Применение системы "ТЕРМИТ" ускоряет процесс создания ММ и существенно сокращает сроки отладки алгоритмов управления. Все это в конечном итоге дает возможность упростить и ускорить создание системы управления требуемого качества, пригодной для постановки на объект.

В качестве генератора сигналов при отладке реальной СУ в наибольшей степени подходят ММ, используемые в полномасштабных и функциональных тренажерах. В рассматриваемом случае была использована специально разработанная с помощью системы "ТЕРМИТ" ММ технологических систем стандового комплекса. На рис. 1 представлена структурная схема полигона для отладки и испытаний СУ, в котором в качестве имитатора объекта управления используется комплексная ММ (КММ). Связь КММ с программно-техническими средствами СУ осуществляется с помощью специального задатчика сигналов.

Основными этапами технологии отладки СУ для многофункционального стандового комплекса явились:

- разработка, отладка и верификация КММ динамики стандовых систем;
- разработка в системе "ТЕРМИТ" и отладка алгоритмов управления стандовыми системами с использованием КММ;
- реализация разработанных и отлаженных на КММ алгоритмов управления в контроллерах реальной СУ;
- обеспечение сопряжения ММ с реальной СУ на полигоне;
- отладка реальной СУ при использовании КММ в качестве объекта управления.

Технология апробирована при отладке и испытаниях СУ на полигоне в НИТИ им. А.П. Александрова

*Зимаков Василий Николаевич – ФГУП "Научно-исследовательский технологический институт им. А.П. Александрова".*

*Контактный телефон (81369) 605-76.*



Рис. 2. Общий вид полигона для отладки системы управления

ва. Общий вид полигона представлен на рис. 2. Опыт использования такой технологии показал, что впоследствии продолжительность этапа наладки СУ на реальном объекте существенно сокращается по сравнению с применявшимися ранее методами. В рассматриваемом случае сокращение сроков отладки СУ на объекте автоматизации составило не менее 6 мес.

В процессе устранения ошибок в алгоритмах управления на основе всесторонней эксплуатации программно-технических средств СУ на полигоне (в том числе и при моделировании аварийных режимов) удастся получить представительную статистику для оценки надежности ПО СУ. Это обусловлено тем, что на любом этапе отладки существует способ сравнения работы алгоритмов управления, интерпретируемых математическими методами в КММ, и их функционирования в реальном контроллере СУ. Для этого существует программный переключатель, обеспечивающий выбор одного из вариантов управления ММ объекта управления: программная реализация алгоритмов управления в КММ или штатным контроллером реальной СУ.

Для оценки объема выполненных работ при разработке СУ станда, необходимо отметить, что общее число сигналов СУ составило около 5600 ед., из них более 600 аналоговых и 1880 выходных сигналов управления. При создании программно-технических средств СУ общим числом 125 шкафов-приборов использована платформа модулей Modicon TSX Quantum фирмы Schneider. Система управления прошла все виды испытаний и проверок, которые предусмотрены регламентирующими документами, признана годной для применения на стенде и введена в эксплуатацию.

### Новая серия коммуникационных контроллеров PDS-700 компании ICP DAS

Новая серия коммуникационных контроллеров PDS-700 работает с мощной и надежной XServer-структурой программирования, помимо предоставления легкого доступа к управлению устройствами с последовательным интерфейсом через Ethernet сети. С помощью программы VxComm пользователь может создавать на головном компьютере виртуальный Com-порт и работать с ним

как с обычным Com-портом, управляя через Ethernet устройствами, подключенными по последовательному интерфейсу RS-232/422/485 к устройствам серии PDS-700.

Многие устройства и оборудование не имеют портов для подключения к сети Ethernet. Устройства серии PDS-700 позволяют подключить такие устройства к сети Ethernet и управлять ими.

[Http://www.ipc2u.ru](http://www.ipc2u.ru)