

ПОДГОТОВКА ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК С ПОМОЩЬЮ СПЕЦИАЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ: ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА, МЕТОДИЧЕСКИЙ И ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ

И.В. Глушков (ООО "Моделирование технологических процессов"),
А.Н. Донской (ЗАО "Чебоксарский электроаппаратный завод"),
А.Г. Ярославцев, М.В. Вантеева (ООО "Моделирование технологических процессов"),
А.Л. Бирюков (Московский государственный университет природообустройства),
В.А. Егоров (ОАО "Генерирующая компания")

Рассмотрены основные принципы построения тренажерного комплекса для подготовки специалистов для объектов, характеризующихся повышенной опасностью. Описаны наборы стандартных элементов модели, интерфейс и примеры реализации тренажеров для предприятий энергетики и химии. Сделаны выводы об актуальности внедрения данных комплексов с целью снижению рисков (производственных, технологических, профессиональных и т.д.) на технологических объектах (ТО).

Ключевые слова: технологический объект, система автоматизации, тренажерный программный комплекс, эксплуатационный персонал, противоаварийные тренировки, математическая модель, производственные риски.

Введение

В современных экономических условиях цена ошибок оперативного персонала производств со сложным технологическим оборудованием очень велика. Оперативный персонал технологических установок таких производств должен быть готов к возникновению любой нештатной ситуации, быстро и четко реагировать на сигналы, поступающие от системы автоматизации. Поэтому особую важность приобретает качественное обучение и постоянное поддержание квалификации и готовности персонала, его противоаварийные тренировки.

Поскольку на всех современных предприятиях энергетики и других отраслей промышленности широко применяются компьютерные системы управления, компьютерный тренажер оказывается оптимальным средством для подготовки персонала [1, 2].

Специалисты фирмы "Моделирование технологических процессов" (ООО "МТП") уже более 20 лет работают на рынке предоставления данного вида услуг. Основными заказчиками тренажерных компьютерных программ выступают предприятия энергетики, химии и учебные заведения.

Рассмотрим основные подходы к созданию подобного класса компьютерных программ, их инструментальные средства, накопленный методический и практический опыт.

Назначение и функциональность программного тренажерного комплекса ООО "МТП"

Назначение тренажеров:

- выработка у обучаемых интеллектуальных навыков управления технологическим оборудованием как в регламентных, так и во внештатных режимах его работы (предаварийном, аварийном);
- использование инженерными службами для глубокого анализа самых сложных режимов работы оборудования и совершенствования на этой основе режимных карт и эксплуатационных инструкций;
- опережающее обучение персонала; анализ режимов для нового технологического оборудования, кото-

рые еще не введены в действие и не освоены в эксплуатации, а также для реконструируемого оборудования;

- совершенствование оперативной квалификации технического персонала предприятий.

Тренажер обеспечивает возможность воспроизведения широкого спектра режимов работы оборудования, управляемого с центральных щитов управления. К их числу относятся: пуски из различных состояний, остановы с различными режимами, работа по сложным диспетчерским графикам, разнообразные виды отказов, вызывающие и не вызывающие немедленный останов и отключение оборудования.

Основываясь на точном математическом моделировании, математическая модель тренажера позволяет воспроизвести практически все стационарные и переходные режимы работы оборудования, коммутационной аппаратуры и т.п., включая как нормальные, так и нештатные режимы.

Необходимо также отметить, что ПО тренажеров содержит все необходимые средства для построения верхнего уровня SCADA (в том числе управления реальным оборудованием). Поддерживаются различные интерфейсы связи с рядом промышленных контроллеров, а также с СУБД (например, MySQL).

Технические характеристики тренажерного комплекса

Программный комплекс тренажера функционирует на IBM PC в однопользовательском или многопользовательском режиме (в локальной сети).

Тренажерный комплекс включает: АРМ инструктора; АРМ операторов (до 32 рабочих мест); программно-аппаратные средства связи.

В многопользовательском режиме АРМ инструктора выступает в качестве сервера приложения – на этом компьютере работает математическая модель тренажера, что предъявляет повышенные требования к быстродействию данного ПК (таблица). Такая клиент-серверная архитектура обычно используется в тренажерах. Кроме того, возможна организация распределенных систем моделирования и управления.

Таблица

Характеристика	Значение	Требования к оборудованию
Платформа	Microsoft Windows 98, Me, 2000, XP, Vista, 7	IBM PC
Число окон, графических элементов и управляемых объектов	Число окон не ограничено (обычно 30...500 ед.). Типичное число управляемых объектов 1...10 тыс. переключателей, регуляторов и задвижек, максимальное - 256 тыс.	Размер файлов тренажера от 10 Мб в зависимости от числа элементов мультимедиа в модели
Графика	True Color 640x480, 800x600, 1024x768, 1280x1024 или произвольного размера в зависимости от модели	Монитор нужного размера и разрешения
Средства мультимедиа	Видеофрагменты, анимация, звуковые эффекты и голосовые комментарии по ситуации в модели или из сценария	Стандартные звуковые средства ПК
Управление тренажером	Максимальная эргономичность достигается за счет гипертекстовой организации многооконного интерфейса с кнопками перехода, без использования скроллинга и громоздких в управлении структур (типа меню или дерева)	Мышь, клавиатура
Скорость моделирования	Реальное время (с возможностью ускорения для быстрого просмотра инерционных процессов) в зависимости от размера модели и ресурсов ПК	Intel Pentium Dual-Core E2200 (2200 МГц) 1 Гб ОЗУ – для клиентов, Intel Core 2 Duo E8500 (3160 МГц) 2 Гб ОЗУ – для сервера или их аналог по производительности
Регистрируемые параметры, отображаемые на диаграмме в процессе работы	- показания приборов; - положение управляемых объектов; - факт выбора обучаемым объектов на управление; - действия обучаемого (направление переключений, процессы ручного регулирования)	Для распечатки диаграмм, а также результатов тренировки и экзамена желателен лазерный принтер
Операции с диаграммами	Автоматическое сохранение в файле, распечатка, экспорт в формате EMF и копирование в буфер обмена	
Сетевые функции	Организация сложных распределенных моделей - одновременная работа необходимого для конкретного тренажера числа компьютеров в локальной сети, автоматическая синхронизация модельного времени и передача оперативных параметров	Локальная сеть, позволяющая организовать одновременный доступ к общим каталогам моделей и временных файлов
	Подобно популярным играм, инструктор может запускать любую модель в серверном варианте, формировать различные аварийные события и вносить возмущения в систему, при этом полностью контролируя действия всех обучаемых	Любая сеть с поддержкой TCP/IP

Интерфейс пользователя

Программное обеспечение тренажеров выполнено по объектно-ориентированной технологии и обеспечивает удобный графический интерфейс как для обучаемого, так и для разработчика.

Графический интерфейс пользователя (оператора) компьютерного тренажера:

- отображает окна необходимых мнемосхем с переходами между ними по ссылкам;
- отображает изменение в РВ (обычно 1 раз в секунду) показаний приборов и элементов сигнализации на мнемосхемах;
- позволяет оператору управлять арматурой и механизмами на мнемосхемах.

Конкретной программной единицей, которая реализует необходимую функциональность тренажера, является модель (часто также называемая проектом). Модели состояются из стандартных объектов, каждый из которых имеет свое изображение, механизм управления и способ моделирования. Набор элементов по желанию заказчика легко может быть расширен. Законченная модель с точки зрения оператора представляет собой набор из нескольких окон, объединенных друг с другом по иерархическому принципу (главная мнемосхема – мнемосхемы отдельных узлов, панели защит, сигнализации и пр.), с гипертекстовым механизмом перехода между окнами посредством кнопок и других средств управления. В каждый отдельный момент на экране может быть видно одно или несколько окон.

В окнах размещаются мнемосхемы ТО с различными элементами интерфейса, в том числе управляемыми (вентили, насосы, ключи, приборы, блоки защиты, сигнализация, сообщения, кнопки для перехода в другие окна и т.п.). Управление моделью одинаково легко осуществляется как с помощью мыши, так и от клавиатуры. Пример окна тренажера приведен на рис. 1.

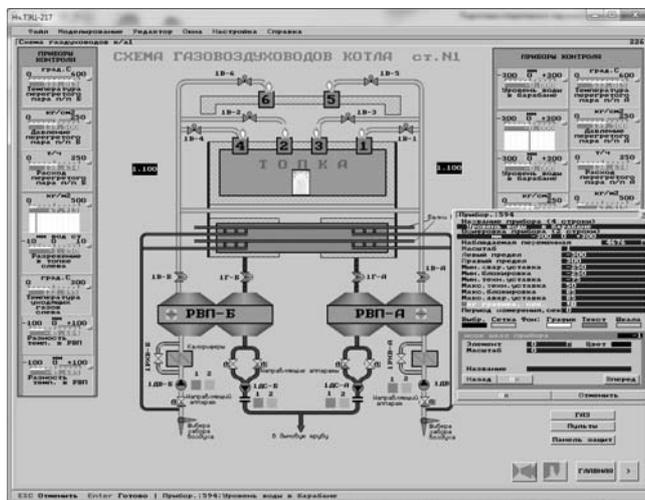


Рис. 1. Пример интерфейса тренажера с поперечными связями (несколько котлов и турбин, связанных между собой поперечными связями по пару, питательной воде и т.д.) котлотурбинного цеха Набережно-Челнинской ТЭЦ

Рабочие места тренажерного комплекса

Операторское АРМ предназначено для управления ТО, получения информации о состоянии оборудования, значениях технологических параметров и выходе их за допустимые пределы, срабатывании технологических защит и блокировок.

АРМ обучаемых на тренажере в соответствии с заданием выполняются максимально соответствующими реальным рабочим местам операторов ТО (вплоть до программной эмуляции интерфейса АСУТП ТО при необходимости). Интерфейс операторов ТО на рабочих местах реализуется в виде мнемосхем с элементами управления, приборами контроля (цифровые, стрелочные) и сигнализацией. Мнемосхемы размещаются в ряде взаимосвязанных окон.

На АРМ операторов имеется доступ и возможность управления всем основным и вспомогательным оборудованием ТО в соответствии с назначением и функциями рабочего места. Выбор функции рабочего места осуществляется путем регистрации пользователя в текущем сеансе работы с тренажерным комплексом. На рис. 2 показано стартовое окно сетевого тренажера со списком рабочих мест всех операторов смены Казанской ТЭЦ-3.

АРМ инструктора предназначено для подготовки аварийных сценариев, управления моделью в ходе тренировки и экзамена, постановки задач обучаемым, контроля результатов. Инструктору доступно управление любым оборудованием, включенным в состав тренажера, а также оперативное задание различных состояний и неисправностей управляемых элементов (завихжек, вентиляей, насосов и т.д.).

Администрирование доступа

Помимо рассмотренного выше списка функциональных рабочих мест тренажерный комплекс имеет развитые средства управления доступом, характерные для SCADA и других многопользовательских систем. Используется понятие ролей, позволяющее классифицировать виды доступа к объектам конкретной модели. Каждому пользователю может быть присвоен определенный набор ролей, соответствующий его полномочиям по управлению ТО. Описания ролей сохраняются в модели вместе с другими ее свойствами. Список пользователей администрируется отдельно для каждой инсталляции программы.

Первые три роли из списка резервируются для следующих видов пользователей и разрешенных им действий:

- "редактор" – редактирование модели (давать доступ к этой группе может только автор модели);

- "администратор" – администрирование пользователей модели (настройку прав доступа);
- "настройщик" – частичное редактирование модели (например, изменение названий вентиляей, уставок приборов, свойств регистратора событий, общих свойств модели и сохранение модели в измененном состоянии), а также сценариев.

Остальные роли могут быть использованы произвольно автором модели для разрешения доступа к тем или иным действиям (изменению режима работы модели, состояний элементов модели). Если в свойствах модели отмечен флаг "проверять доступ при запуске", то программа потребует авторизации (выбора из списка пользователей и ввода пароля).

Если пароль не требуется (либо у данного пользователя не отмечена ни одна из ролей), то он считается простым пользователем типа "оператор". Тогда ему разрешен только запуск модели и оперативная работа с общедоступными окнами. Оператор не имеет права менять модель и записывать ее на диск в новом состоянии (за исключением режима автосохранения, если это было предусмотрено разработчиком).

Роли (функциональные обязанности) ряда пользователей могут перекрываться. Благодаря этому тренировка может производиться не в полном составе рабочей смены, а один обучаемый может иметь доступ и выполнять функции (роли) нескольких операторов, например, "начальнику котлотурбинного цеха ТЭЦ" разрешен доступ ко всем

котлам и турбинам своего цеха, и он может заменить любого из операторов.

Таким образом, при полном использовании возможностей тренажерного комплекса потребитель может в обучении персонала решать не только технические, но и организационные задачи.

Режимы работы тренажера

Тренажер может быть запущен на любом компьютере как: однопользовательская программа; сервер (рабочее место инструктора); клиент (рабочее место обучаемого).

В однопользовательском варианте или на сервере можно выбрать режимы работы:

- без сценария (режим простой симуляции; инструктор и обучаемые могут выполнять любые действия по управлению моделью ТО);

- демонстрация типового сценария (обучаемые будут видеть развитие аварийной ситуации и правильные действия эксперта, создавшего сценарий; а также пояснения к ним при необходимости);



Рис. 2. Сетевое подключение общестанционного тренажера Казанской ТЭЦ-3 (КТЦ, электроцех, топливный цех, химцех)

- тренировка по сценарию (обучаемый действует сам, но может получать указания, предусмотренные сценарием);
- экзамен по сценарию (обучаемый самостоятельно решает возникающие ситуации и получает итоговую оценку своих действий);
- редактирование или создание нового сценария (доступно только инструктору).

В тренажерном комплексе особого интереса заслуживает режим работы без сценария. Здесь производится симуляция модели оборудования, в процессе которой можно проводить различные эксперименты над моделью, изучать влияние управляющих органов на состояние оборудования, производить операции пуска/останова ТУ и т.п. При этом инструктору дана неограниченная свобода импровизации — он может самостоятельно управлять процессом, создавать любые аварийные ситуации и ставить задачи обучаемым.

При выборе режима "экзамен" программа попросит выбрать нужный сценарий из возможного списка либо сделать выбор случайным образом. Результаты экзамена сохраняются на диске в виде html-файла с таблицами и могут быть тут же распечатаны. Выводится следующая информация: дата и время экзамена, имя экзаменуемого, название пройденного сценария, оценка по 50-балльной шкале и продолжительность экзамена; а также все ошибочные и пропущенные действия с начисленными за них штрафами. Также могут быть распечатаны графики переходных процессов и действий обучаемого.

Возможности сценария

В таких сложных динамических системах, как турбина или котел, невозможно жестко определить последовательность правильных действий, так как она часто зависит от мелких деталей в развитии ситуации. Поэтому оценка действий обучаемого должна быть интегральной, и выводить ее следует из анализа текущего и желаемого состояния модели и проверки отдельных запрещенных действий и состояний. Такую оценку обеспечивает правильное составление сценария в наших тренажерах.

Элементарные действия, аварийные события или проверки оформляются в сценарии в виде так называемых кадров. Сценарий в целом состоит из нескольких списков кадров: аварийные события, пояснения; подсказки и указания оператору; проверки обязательных действий; проверки запрещенных действий и состояний; итоговые проверки состояния модели.

Кадры всех списков сценария выполняются последовательно или параллельно в зависимости от настроек. Условием активации кадра может быть модельное время или состояние какой-либо переменной модели.

В списке аварийных событий (список 1) задаются события, которые при исполнении изменяют состояние управляемых элементов (ломают задвижки и т.п.) или изменяют внешние воздействия модели (параме-

*Правильное решение должно
оказаться не только излиянием, но и простотой.*

Дж. Уотсон

тры внешней среды). Например, первый кадр может задавать аварийное событие "самопроизвольное открытие задвижки" на 20-й секунде после старта. При исполнении этого сценария в модели возникает переходный процесс, приводящий к аварии (например, переполнение емкости). Здесь же можно установить состояние неисправности этой задвижки, что не позволит обучаемому решить аварийную ситуацию "в лоб" и вынудит его искать альтернативные способы регулирования потока.

В списке 2 задаются указания и подсказки обучаемому, которые будут показаны ему в режимах "демонстрация" и "тренировка". Например, можно задать такой кадр: при превышении давления сверх указанного порога выдать текстовое сообщение "снизить нагрузку на 20%".

Остальные списки сценария предназначены для получения интегральной оценки действий обучаемого.

Так, за пропуск обязательного действия одновременно начисляется штрафной балл.

Наиболее важными для контроля действий обучаемого являются проверки запрещенных действий и состояний. Например, если в течение всей тренировки нежелательно допускать выход определенного параметра за допустимые пределы, то в течение всего времени, пока контролируемый параметр находится за допустимыми пределами, общий штраф будет каждую секунду увеличиваться на величину, определенную данным кадром. Также можно некоторые из этих проверок включать не с самого начала моделирования, а по времени или по состояниям объектов, например, после открытия задвижки можно начать проверку допустимого давления в трубопроводе и т.п.

Наконец, в списке итоговых проверок следует проверять состояние модели по окончании экзамена (результат решения аварийной ситуации).

Процедура создания сценария включает также сохранение эталонных действий эксперта, который решает сформированную сценарием аварийную ситуацию. Эти действия будут повторены в режиме "демонстрация", причем внимание обучаемого при помощи специальной анимации привлекается к нужным управляемым объектам.

Грамотное создание сценария является творческой и ответственной задачей. Необходимо соблюдать разумный баланс, не допуская как излишней регламентации действий обучаемого (поскольку аварийную ситуацию часто можно решить разными способами), так и слабости критериев оценки (чтобы неполнота учета требований не позволила получить хорошую оценку за действия, которые могут привести к развитию опасных ситуаций и выходу оборудования из строя).

Во избежание механистического подхода к оценке обучаемых по окончании любой тренировки реко-

мендуется производить детальный "разбор полетов" с распечаткой и анализом графиков полученных переходных процессов, а также действий обучаемого. Тренажерный комплекс позволяет сохранять архив всех действий, поэтому для подробного анализа или демонстрации всегда можно повторить симуляцию модели с воспроизведением сценария аварии и сохраненных действий обучаемых.

Динамическая модель и типовые функциональные блоки

В отдельных, недоступных для обучаемого окнах разработчик собирает динамическую модель, имея для этого богатый набор стандартных элементов (узлы, связи, формулы, специальные функции). В отличие от других конструкторов, здесь упрощено составление моделей сложных сетей трубопроводов и арматуры. Для этого достаточно описать эту сеть в виде графа из узлов и связей с определенной проводимостью. Динамическую ошибку моделирования быстропротекающих процессов можно компенсировать рядом дополнительных механизмов и специальных приемов моделирования [1 – 4].

Набор типовых функциональных элементов достаточен для решения широкого комплекса задач [2], в том числе:

- построения интерактивного графического интерфейса (то, что обучаемый видит перед собой на экране и чем управляет);
- конструирования математической модели; построения распределенных моделей (связь отдельных модулей и передача данных между ними);
- работы с БД (в том числе импорт измерений и экспорт результатов расчетов);
- связи с промышленными контроллерами (для построения систем управления – SCADA);
- регистрации и т.д.

Ниже приведен краткий перечень типовых элементов графического интерфейса пользователя:

- окно (с возможностью одновременно гипертекстовой и иерархической навигации между окнами);
- панель сигнализации;
- кнопка (как тумблер для переключения переменных состояния модели; для гипертекстовой навигации между окнами; для подачи команд управления на другие объекты; для управления симуляцией и просмотра отчетов);
- ключ (двух- или трехпозиционный переключатель – модель наиболее часто используемого управляющего органа на пультах управления оборудованием);
- универсальный управляемый элемент (из которого можно сделать клапан, регулятор, переключатель с любым необходимым внешним видом, а также многопозиционный индикатор, который можно использовать для анимации от вращения вентилятора или насоса до визуализации движения потоков жидкости в оборудовании);
- различные цифровые индикаторы и приборы, включая стрелочные и многошкальные приборы (в

том числе для визуализации гистограмм), а также приборы с самописцем, показывающие тренды (кривые переходных процессов) в РВ;

- специфические элементы управления (задатчики, блоки защиты, группы реле защиты, многопозиционные переключатели и др.);
- специфические элементы сигнализации (табло, всплывающие сообщения и др.);
- электрическая схема – специфический элемент (одно из преимуществ), который позволяет как рисовать топологию электрических цепей, так и вести их расчет и анимацию, а также предоставляет ряд стандартных способов управления (ключи, накладки и т.п.) и специфические функции (заземление переносным заземлителем в любом месте цепи), а также такие специальные действия, как вывешивание плакатов, предусмотренных "Правилами устройства электроустановок" (ПУЭ), в любую необходимую точку схем и пультов. Представляет собой поле, на котором в клетках фиксированного размера размещаются элементы электрической схемы: соединения, контакторы и т.п. Связность соседних элементов определяется по типу проводника в клетке. Клетка также может быть связана с элементом модели или интерфейса (кнопка, переключатель), состояние которых используется в расчете электросхемы;
- элементы для псевдообъемной анимации (изображение труб, емкостей и т.п.), в том числе с анимацией потока в трубе;
- векторная диаграмма (применяется для отображения векторных диаграмм в моделях трехфазных электрических сетей).

Перечислим основные классы элементов математической модели:

- узел и дуга (для описания топологии тепловых и электрических схем в виде графов);
- функциональные блоки [3, 4] (типовые функции 1...4 аргументов, произвольные арифметические и логические формулы, в том числе с поддержкой комплексной арифметики, табличные функции, включая многомерную сплайн-интерполяцию);
- динамические функциональные блоки (инерционные звенья) и нелинейности [3];
- генераторы сигналов;
- генераторы событий для журнала событий;
- элементы для управления доступом пользователя к окнам и управляемым объектам.

Методы моделирования динамических систем

Показанный выше набор типовых элементов позволяет моделировать различные объекты и динамические процессы в них. На основе топологии модели автоматически генерируется эквивалент системы дифференциальных уравнений; в ходе симуляции система решается численными итерационными методами. При этом в тренажерном комплексе одновременно используется еще ряд методов имитационного моделирования:

- прямой расчет ряда функциональных блоков по потоку данных в функциональной схеме, включая ис-

полнение кода формул встроенным интерпретатором, исполнение логических функций, расчет табличных функций и многомерную сплайн-интерполяцию;

- численное решение систем линейных уравнений;

- итерационный расчет группы элементов (системы уравнений) до достижения требуемой точности численного решения;

- использование внешних программ (например, запись и чтение клеток в таблице Excel, которая может как служить источником данных, так и производить вычисления, а также сохранять их результаты);

- специальный механизм расчета электрических схем, позволяющий ставить переносные заземления и выполнять другие специфические действия.

Использование нужных методов расчета производится автоматически в процессе симуляции. Необходимо отметить, что все перечисленные методы в совокупности позволяют не только управлять моделью в реальном времени, но даже редактировать ее структуру непосредственно в режиме симуляции. "Низкоуровневый" доступ к каждому элементу модели позволяет легко отслеживать текущие значения переменных состояния модели, что упрощает ее отладку.

Пример моделирования

Рассмотрим простейший демонстрационный пример моделирования, который показывает подход к моделированию топологии электрических, гидравлических, тепловых и др. схем.

Модель делителя (рис. 3) применима не только для электрических цепей, но и трубопроводов с жидкостями или газами (в статике), а также тепловых потоков. Модель представляет собой неориентированный граф, в узлах которого находятся переменные состояния (P – потенциал, давление и т.п.), а в дугах – параметры моделируемой цепи (в данном случае – электрические, тепловые и др. проводимости Y). На крайних узлах в модели необходимо обеспечить граничные условия (в данном случае постоянные значения потенциалов, 0 и E). В системе моделирования такая модель может быть построена при помощи двух типовых элементов: "узел графа модели" и "связь" (рис. 4).

Данный пример может быть использован как модель соединения между двумя коллекторами цепи противоперегрузочного клапана и др. теплотехнических схем. Элементы типа "связь" используют состояния вентилей как значения проводимости. Граничные условия обеспечиваются настройкой параметров крайних узлов графа $p1=const$ и $p2=const$ соответ-

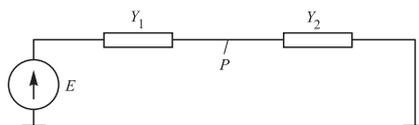


Рис. 3. Электрическая модель делителя

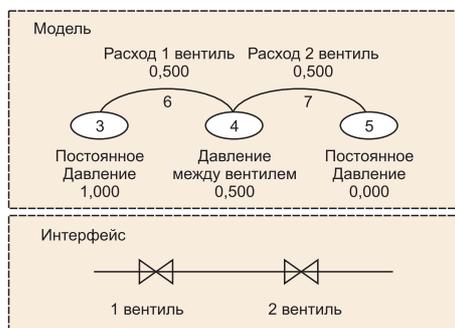


Рис. 4. Граф модели делителя в тренажерном комплексе

венно. Узел характеризуется текущим значением потенциала (давления) в нем, а также коэффициентом инерции. Трубы (проводимости), подключенные к узлам, определяют текущие расходы (токи, потоки), а по расходам вычисляются новые значения давления в узлах (с учетом их инерционности). Чем меньше коэффициент инерции, тем медленнее меняется давление в узле, и узел становится похож на емкость с определенным объемом. По данной топологии схемы легко, используя метод узловых потенциалов, автоматически составить систему уравнений, которая в процессе симуляции решается итерационным методом:

$$D_{jn} = (P_{j1n} - P_{j2n}) Y_{jn};$$

$$P_{in} + 1 = P_{in} + (\sum_j D_{jn} / \sum_j Y_{jn}) I_i;$$

где n – номер шага симуляции; i, j – индексы узлов и дуг графа; P – давления в узлах; Y – приведенные проводимости; D – расходы (потоки) в трубах; I – приведенные коэффициенты инерции узлов.

Опыт эксплуатации

Тренажеры с динамическими моделями различных цехов установлены на ТЭЦ в г. Казань, Набережные Челны, Чебоксары, Ижевск, Нижнекамск, Красноярск, Череповец, в ОАО "Химпром" (г. Новочебоксарск) и т.д. (рис. 1, 5, 6).

Заказчик обычно требует индивидуального подхода и составления достаточно подробной модели его конкретного оборудования. Программное обеспечение ООО "МТП" позволяет создавать модели с большим числом управляемых объектов. Используемая здесь технология составления моделей сложных сетей

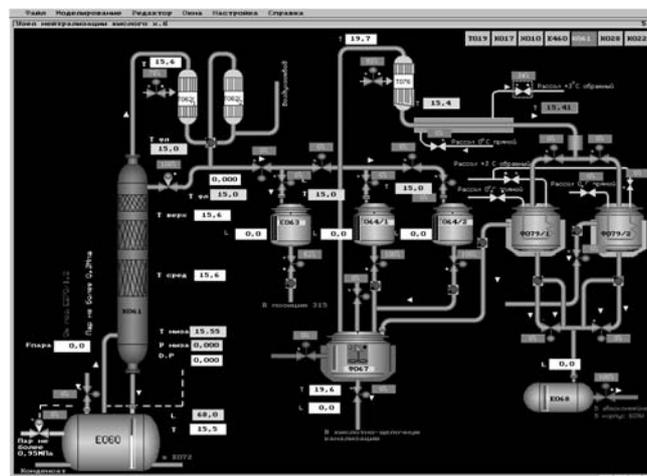


Рис. 5. Пример интерфейса тренажерного комплекса производства хлорбензола (ректификация) на ОАО "Химпром" (г. Новочебоксарск) [5]

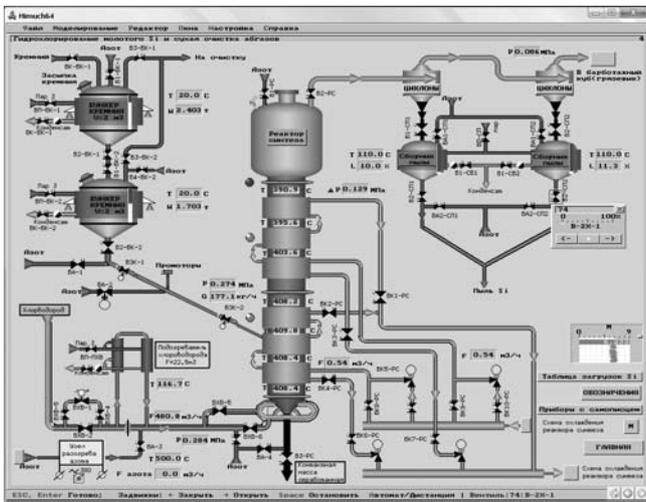


Рис. 6. Мнемосхема гидрохлорирования молотого кремния (производство трихлорсилана полупроводникового качества) – реактор "кипящего слоя" (каталитический процесс) Новочебоксарский химико-механический техникум

трубопроводов и арматуры позволяет удовлетворить все индивидуальные требования заказчика в реальные сроки и удешевить стоимость заказа. Опыт эксплуатации показывает, что на данных программах могут проводиться различные тренировки оперативного персонала как внутрицеховые, так и общестанционные (для тренажерного комплекса ТЭЦ, ГРЭС). Универсальность тренажерного комплекса позволяет использовать его в различных отраслях промышленности.

Необходимо также отметить достаточную открытость тренажерного комплекса. Предоставление заказчику средств редактирования модели редко бывает целесообразным ввиду специфики задач моделирования. Но тренажерный комплекс ООО "МТП" всегда предоставляет средства редактирования и создания новых аварийных сценариев.

Выводы

Применение тренажеров для обучения персонала позволяет снизить производственные риски опасных производственных объектов. Качественные компьютерные модели могут также оказать неоценимую помощь при анализе аварий – как с точки зрения накопления статистики, так и путем проведения ма-

шинного эксперимента по воспроизведению аварийной ситуации. Такие специальные компьютерные модели в виде тренажерных комплексов создаются специалистами ООО "МТП".

Инструментальные средства конструктора тренажеров позволяют моделировать сложные объекты и динамические процессы в них. Методы имитационного моделирования, применяемые в тренажерах, позволяют максимально приблизить поведение модели к действующему технологическому оборудованию.

Многопользовательские режимы работы тренажеров позволяют инструктору гибко и творчески организовать учебный процесс сразу для всей смены оперативного персонала.

Развитые интеллектуальные сценарии позволяют запрограммировать динамику сложных аварийных ситуаций и получить интегральную оценку действий обучаемого по разнообразным критериям, включая контроль текущего и итогового состояния модели.

Дальнейшее развитие и широкое использование тренажерных комплексов сравнимой функциональности повысит эффективность вложенных средств в настоящие и будущие технологии развития России [6].

Список литературы

1. Донской А.Н. Тренажеры на базе ЭВМ для оперативного персонала ТЭЦ // Энергетик. 1995. №5.
2. Донской А.Н. Конструктор динамических тренажеров // V Всерос. науч.-техн. конф "Информационные технологии в электротехнике и электроэнергетике". Чебоксары: Изд. Чувашского университета. 2004.
3. Донской А.Н., Лазарев С.А. Система имитационного моделирования АЛМИК // Методические указания по моделированию САУ. Чебоксары. Изд. ЧГУ. 1991.
4. Донской А.Н. Развитие системы имитационного моделирования АЛМИК // Научно-технич. конф. Чебоксары: Изд. Чувашского университета. 1999.
5. Глушков И.В., Эндюсский В.П., Бобров Д.А. Новый способ получения хлорбензола // Известия ВУЗов, Химия химическая технология. Иваново. 2005. Т. 48. Вып.11.
6. Глушков И.В. Информационный автоматизированный комплекс подготовки специалистов сложных энергетических объектов // Междунар. научно-технич. конф. "Управление рисками в условиях глобализации-2010". 2010.

Глушков И.В. – канд. техн. наук, технический директор, Ярославцев А.Г. – зам. ген. директора, Вантеева М.В. – ген. директор ООО "Моделирование технологических процессов",

Донской А.Н. – начальник бюро, ЗАО "Чебоксарский электроаппаратный завод",

Бирюков А.Л. – д-р техн. наук, проф., академик ВАН КБ, заведующий кафедрой "Защиты в чрезвычайных ситуациях" Московский государственный университет природообустройства,

Егоров В.А. – начальник производственно-технического отдела Филиала

ОАО "Генерирующая компания" Набережно-Челнинская ТЭЦ.

Контактный телефон (903) 476- 52- 75. E-mail: modteh@mail.ru

MIReader M801 – удобный для чтения и быстрый в сети!

Компания "Текстонофф" (Россия), производитель планшетов марки MIReader, представляет новую модель планшетного компьютера на платформе Android 2.3 – MIReader M801, пришедшую на смену популярному планшету MIReader M8. Сохранив преемственность и все достоинства предыдущей модели, новинка обладает более мощным процессором Rockchip RK2918

(ARM Cortex A8) частотой 1,2 ГГц и быстрой оперативной памятью DDR3. Новинку также отличает 8-дюймовая сенсорная мультитач-панель с разрешением 1024x768 пикселей, поддерживающая одновременное касание в четырех точках и защищенная твердым, устойчивым к царапинам покрытием. Для хранения информации отведено 8 Гб внутренней флеш-памяти.

www.textonoff.ru