

**СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ DeltaV – ОТ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ К ОБУЧЕНИЮ ОПЕРАТОРОВ****Е.Ю. Крейдлин (Компания Эмерсон)**

*Рассматривается один из аспектов применения цифровой АСУТП DeltaV компании Эмерсон – построение эффективного решения для обучения операторов технологических производств, оборудованных данной АСУТП.*

*Ключевые слова: обучение операторов, компьютерный тренажер, АСУТП, технологический процесс, динамическая модель.*

Ошибки оператора являются второй по распространенности и самой дорогой причиной различных аварий на предприятии. Из-за них возникают и прямые, и косвенные потери (дополнительные затраты энергоресурсов, износ оборудования и т.д.), увеличивается число аварийных остановов, снижается межремонтный цикл установок. Согласно статистике Американского института нефти (API), на типовой НПЗ приходится 1,67 инцидента в год, а средняя оценка последствий — 600 тыс. долл. США.

Причин возникновения ошибок может быть много: деградация уровня знаний и умений операторов из-за рутинности операций, выход опытных сотрудников на пенсию, неподготовленность вновь прибывшего оперативного персонала, стресс из-за возможности совершить ошибку. На операторе зачастую лежит ответственность за возможные аварийные ситуации и их последствия, особенно на опасных производствах.

В основе всех перечисленных проблем — отсутствие процесса передачи знаний от опытного специалиста к начинающему. Наладив этот процесс, можно обеспечить качественную подготовку операторов с учетом накопленного опыта.

Решения Эмерсон в области тренажеростроения для операторов, которые помогают подготовить персонал перед пуском новых установок или внедрением проектов по автоматизации производств, являются действенным средством для непрерывного обучения будущих операторов, повышения квалификации и переподготовки действующих операторов.

#### **Необходимые и достаточные компоненты компьютерного тренажера**

Как следует из многолетней практики разработки и эксплуатации современных компьютерных тренажерных комплексов (КТК) для обучения операторов технологических производств, необходимыми и достаточными компонентами полноценного КТК являются [1]:

- интерфейс обучаемого оператора;
- модель PCS и PАЗ установки;
- имитационная модель ТП;
- интерфейс и функциональные возможности инструктора обучения;
- методическое обеспечение.

Для создания КТК компания Эмерсон успешно применяет программно-технические средства АСУТП DeltaV. Рассмотрим возможности, пред-

ставляемые АСУТП DeltaV для реализации каждого из перечисленных компонентов КТК.

#### **Реализация операторского интерфейса**

Для максимального эффекта обучения среда тренинга должна быть полностью идентичной рабочей среде реального объекта. В связи с этим операторский интерфейс КТК DeltaV использует реальные мнемосхемы операторского интерфейса — копии мнемосхем действующей АСУТП установки. Управление ТП, просмотр параметров ТП, сигнализаций, протоколирование действий, запись и просмотр трендов в КТК DeltaV производятся аналогично соответствующим действиям в АСУТП установки. Операторский интерфейс предоставляет обширные возможности по визуализации данных на операторском экране вплоть до анимации и видеонаблюдения.

Важной частью КТК является интерфейс полевого оператора, экраны которого копируют основные мнемосхемы ТП и содержат элементы управления, расположенные «по месту» и не доступные из АСУТП.

Графический интерфейс оператора КТК реализован средствами подсистемы DeltaV Operate. В зависимости от прав доступа конкретного пользователя КТК среда DeltaV Operate может быть запущена в режимах операторского управления, просмотра или конфигурирования.

#### **Реализация PCS и PАЗ**

Для имитации управления ТП и отображения информации в КТК должна быть воспроизведена функциональность АСУТП, что реализуется с помощью подсистемы DeltaV SimulatePro. Данная подсистема входит в состав АСУТП DeltaV и обеспечивает имитацию выполнения алгоритмов PCS и PАЗ DeltaV. Все расчеты осуществляются на выделенной рабочей станции приложений без использования реальных контроллеров.

Возможности управления имитацией в DeltaV SimulatePro включают:

- пуск/остановка ТП;
- сохранение снимков состояния АСУТП;
- выбор и восстановление начального или сохраненного состояния АСУТП;
- ускорение/замедление работы АСУТП относительно реального времени.

Управление имитацией в DeltaV SimulatePro также может осуществляться с помощью графического интерфейса инструктора на станции инструктора.

*Как бы дорого не стоило обучение, все же оно дешево, так как его цена безгранична.*

Силован Рамишвили

DeltaV SimulatePro использует БД, полностью идентичную БД АСУТП реальной установки, включая все модули, алгоритмы управления PCSU и ПАЗ, параметры ввода/вывода и внешних устройств. Идентичность обеспечивается путем переноса файлов конфигурации АСУТП установки в КТК.

Для импорта, активации и редактирования конфигурации КТК, модификации и отладки алгоритмов PCSU и ПАЗ используются стандартные средства DeltaV — «Проводник DeltaV» и «Студия управления», функционирующие на рабочей станции «Профессиональная плюс».

Подсистема «Проводник DeltaV» используется для редактирования списка функциональных модулей, свойств сети управления, добавления новых узлов сети, а также для импорта БД конфигурации АСУТП установки.

Подсистема «Студия управления» используется для редактирования управляющих алгоритмов в любом функциональном модуле или библиотечном шаблоне модуля. В «Студии управления» конфигурируются функциональные блоки, связи между ними, их параметры, режимы работы, тревожные сообщения и их приоритеты. В режиме мониторинга «Студия управления» применяется для отладки алгоритмов управления.

Подсистема «Администратор БД» предоставляет возможность администраторам создавать, удалять, выполнять копирование и резервное копирование БД конфигурации КТК.

Архивирование технологической информации осуществляется в подсистеме «История процесса». Архивируются всех сконфигурированные параметры

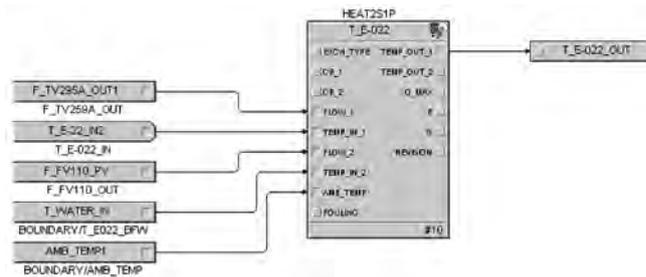


Рис. 1. Модель технологического объекта в DeltaV SEEDS

АСУТП, действия оператора и инструктора, режимы и сценарии обучения. Архивирование всей информации осуществляется автоматически. Данные из архива технологической информации могут быть просмотрены с помощью приложения «Просмотр истории процесса».

### Тренажерная модель ТП

В DeltaV существует возможность построения динамической тренажерной модели процесса с помощью интегрированного решения DeltaV SEEDS (Standard Entities for the Engineering of Dynamic Simulators).

Математическая модель ТП объединяет модели единиц используемого в ТП оборудования (колонн, сепараторов, емкостей, холодильников, теплообменников и т.д.). Модули технологических аппаратов создаются на основе шаблонов функциональных модулей DeltaV SEEDS, содержащих модели для аппарата данного типа, с вариациями в зависимости от конструктивных особенностей и числа входных/выходных сигналов для данного аппарата. Выходы модели одного аппарата будут связаны со входами модели другого в соответствии с топологией реальной технологической схемы (рис. 1).

Преимущество данного решения — полная интеграция с DeltaV. Инструментарий моделирования SEEDS является частью DeltaV и не требует стороннего ПО для моделирования, а также соединения

по протоколу OPC. Модель ТП характеризуется средней точностью, возможностей которой достаточно для проведения тренинга новых операторов, основной целью обучения которых является ознакомление с системой управления.

Для построения моделей высокой точности используется специализированное ПО для моделирования ТП, например, Petro-SIM от компании КВС (рис. 2). В данном инструментарии реализовано схематическое представление ТП, элементами

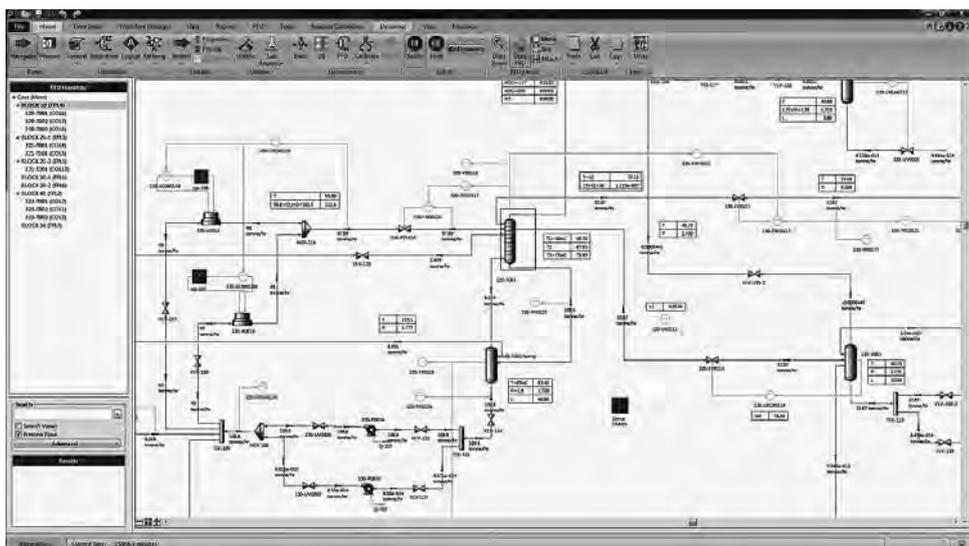


Рис. 2. Модель процесса в ПО Petro-SIM

модели являются аппараты, трубопроводы и оборудование КИПиА [2]. Модели аппаратов строятся с помощью единой среды динамического имитационного моделирования. Модели содержат полные характеристики оборудования и рассматриваемого ТП — данные материальных и энергетических балансов, составы потоков, гидродинамические и термодинамические характеристики аппаратов, состав сред в емкостях, кривые ротационного оборудования и т. д.

Подобная модель фактически представляет собой виртуальную установку, что дает возможность использовать ее для изучения вариантов ведения ТП, поиска способов повышения его эффективности и других целей инжиниринга.

Для обеспечения взаимосвязи КТК и АСУТП проводится интеграция — входы/выходы АСУТП привязываются к соответствующим параметрам тренажерной модели.

Программное обеспечение для моделирования ТП связывается с DeltaV через OPC-клиент. DeltaV использует собственный OPC DA-сервер, который обменивается данными с моделью ТП.

#### Интерфейс и функциональные возможности инструктора

Обучение на КТК не должно быть бесконтрольным. Роль инструктора — ключевая в процессе организации обучения оперативного персонала. Для реализации инструкторского функционала не требуется специальное ПО. Интерфейс и функции инструктора КТК DeltaV выполнены средствами подсистемы DeltaV Operate.

Графический интерфейс инструктора в DeltaV представляет собой специальный экран для управления обучением, а также различные панели для выполнения воздействий и задания отказов оборудования. Данные экраны являются конфигурируемыми, что позволяет добавлять новый функционал инструктора в КТК.

С помощью интерфейса инструктора осуществляется управление процессом обучения:

- управление имитацией АСУТП и ТП: пуск, останов, сохранение и восстановление начального состояния, ускорение и замедление протекания ТП относительно реального времени в пределах вычислительной мощности станций;
- активация возмущений и внешних событий: внесение локальных отказов оборудования и комплексных отказов широкого действия, изменение граничных условий и параметров ТП;
- управление упражнениями и сценариями обучения;
- контроль, анализ и оценка действий операторов.

Инструктор также может использовать мнемосхемы оператора и полевого оператора для непосредственного управления ТП (в режиме обучения), в том числе локального. Он имеет доступ к подсистеме просмотра трендов истории процесса, журналу событий АСУТП и т. д.

#### Методическое обеспечение

Отработка на тренажере отказов различного оборудования ТП, сценариев нарушения работы, в том числе сценариев плана локализации и ликвидации последствий аварий (ПЛА) под контролем инструктора позволяет операторам выработать навыки распознавания предаварийных ситуаций, а также навыки выбора компенсирующих воздействий, которые со временем формируются в комплексные умения по управлению ТП в нестандартных ситуациях.

Отработка на КТК стандартных процедур (пуск, останов, перевод на циркуляцию и т. д.) помогает изучить регламент ТП наиболее эффективным образом.

Также имеется возможность автоматизированного контроля и оценки действий оператора. Данная функциональность реализована в среде интерфейса инструктора DeltaV Operate и представляет собой программу, которая контролирует соблюдение контрольной последовательности действий оператора и/или поддержания контрольных значений ключевых параметров процесса, по которым ведется оценка.

#### Жизненный цикл КТК

Важным аспектом долгосрочного функционирования КТК является возможность его модернизации, поддержки и расширения его функциональности. Эти вопросы решены в КТК DeltaV (рис. 3).

- В случае необходимости внесения изменений в алгоритмы РСУ и ПАЗ, инструкторский интерфейс, интерфейс оператора и полевого оператора используются стандартные средства DeltaV. Архитектура КТК позволяет производить корректировку, проверку и добавление новых алгоритмов АСУТП.

- В случае изменения технологической схемы установки средство моделирования позволяет вносить изменения в модель ТП, в том числе силами специалистов завода.

- Вычислительные мощности и число лицензий станций КТК DeltaV рассчитаны таким образом, чтобы обеспечить достаточную скорость расчета динамической модели установки и выполнения конфигурации АСУТП. При необходимости расширения вычислительных мощностей в КТК DeltaV могут быть подключены дополнительные рабочие станции с соответствующими лицензиями.

- Программные и технические средства позволяют добавить в КТК конфигурации и модели новых установок, для чего не требуется увеличения числа рабочих станций и лицензий (необходима проверка достаточности вычислительной мощности станции). В случае необходимости перейти от работы с КТК одной установки к другой достаточно перегрузить БД конфигурации DeltaV штатными средствами системы.

Одной из причин, благодаря которым возможности АСУТП DeltaV позволяют быстро и эффективно не только управлять ТП, но и качественно готовить кадры, является глубокая локализация этого решения на территории России и СНГ. В России находит-



Рис. 3. Стадии разработки КТК



Рис. 4. Архитектура КТК DeltaV

ся собственное производство систем управления для проектов в странах СНГ. В гг. Москве, Челябинске и Санкт-Петербурге расположились инженерные центры, в которых работает более 250 квалифицированных инженеров, выполняющие полный комплекс работ как в области внедрения АСУТП, так и по разработке высокотехнологичных решений.

Группа по разработке и внедрению компьютерных тренажеров Эмерсон состоит из российских специалистов, которые обладают компетенциями и опытом внедрения обучающих систем на различных предприятиях нефтеперерабатывающего и нефтехимического комплекса.

Основой успешного внедрения и долгосрочного функционирования КТК является совместная работа со специалистами предприятия, начиная со сбора данных об объекте, участия в предварительных испытаниях и заканчивая вводом КТК в промышленную эксплуатацию, а также в течение гарантийного периода.

Можно привести пример внедрения тренажерного комплекса в компании ЛУКОЙЛ, который функционирует с 2012 г. На объекте КТК используется не толь-

ко для подготовки, тестирования и повышения квалификации персонала, безопасной отработки необходимых навыков, но и для проведения прогнозных расчетов при изменении ТП, диагностирования и предотвращения возможных аварийных ситуаций.

Другое интересное внедрение тренажерного комплекса реализовано в компании Роснефть в 2015 г. КТК используется для подготовки технологического персонала перед плановым остановом и последующим пуском установки.

Компьютерный тренажерный комплекс на основе DeltaV является полноценным и высокоэффективным средством обучения оперативного персонала (рис. 4). При использовании на предприятии АСУТП DeltaV не требуются приобретения дополнительных специализированных программных продуктов для разработки тренажерных комплексов. КТК DeltaV полностью отвечает требованиям «Общих правил взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» (п. 2.11).

#### Преимущества тренажеров Эмерсон

- Гибкость выбора модели: модель средней точности на базе интегрированного решения DeltaV SEEDS, либо динамическая модель ТП высокой точности, реализованная в открытом ПО для моделирования.
- Реальные алгоритмы АСУТП выполняются в среде имитации (конфигурация АСУТП в КТК идентична реальной).
- Наличие конфигурируемого, гибкого интерфейса инструктора.
- Масштабируемость: от одной установки до всего завода.
- Поддержка производителем на протяжении всего жизненного цикла (возможность изменения модели, конфигурации РСУ; функциональность инструктора).

#### Список литературы

1. Дозорцев В.М. Компьютерные тренажеры для обучения операторов технологических процессов. М.: Синтег. 2009.
2. Дозорцев В.М., Крейдлин Е.Ю. Современные автоматизированные системы моделирования ТП // Автоматизация в промышленности. 2009. №6. С. 11-16.

**Крейдлин Евгений Юрьевич** – руководитель направления моделирования и компьютерных тренажеров компании Эмерсон.

Контактный телефон (495) 995-95-59, доб. 503  
E-mail: eugeny.kreidlin@emerson.com