

ОПЫТ РЕИНЖИНИРИНГА СИСТЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Аноприенко А. Я., Забровский С.В., Каневский А.Д.

Донецкий государственный технический университет, кафедра ЭВМ

Abstract

Anoprienko A., Zabrovsky S., Kanevsky A. Reengineering of the simulation system for the complex technologies. In the article a reengineering of complex simulation system is considered. The usage of a simulation system DIVA for updating of complex automatic control system in a chemical industry is described as a concrete example of the reengineering.

В статье рассматривается разработка средств распределенного моделирования сложных технологических процессов на примере реинжиниринга системы моделирования DIVA [1] с целью использования ее в качестве исследовательского стенда и учебного тренажера на Северодонецком предприятии “Азот” в процессе производства уксусной кислоты.

Предприятие “Азот” в Северодонецке является в настоящее время одним из основных производителей уксусной кислоты на Украине и странах СНГ. Комплекс по производству уксусной кислоты, построенный по американской лицензии и введенный в действие в 70-е годы, реализует процесс карбонализации метанола с родиевым катализатором, открытый в исследовательских лабораториях фирмы Monsanto (США) в середине 60-х годов и опубликованный в 1968 году. Процесс характеризуется относительно высокой степенью автоматизации при полном отсутствии, однако, какой-либо модельной поддержки, что в современных условиях считается существенным недостатком. Именно наличие достаточно достоверных и полных моделей технологических процессов сложных химических производств позволяет с максимальной эффективностью производить необходимую периодическую модернизацию имеющихся средств автоматизации, поддерживать на заданном уровне качество выпускаемой продукции и рентабельность производства в условиях возрастающего износа оборудования и действия других возмущающих факторов. В связи с этим возникает задача разработки соответствующего модельного обеспечения для применения на предприятии.

В качестве базовой была выбрана система моделирования DIVA, первая версия которой была разработана в 1987-1990 гг. в институте системной динамики и управления Штутгартского университета на базе ранее

проводившихся в институте исследовательских работ в области разработки моделирующих систем сложных химических процессов и моделирования отдельных технологических аппаратов и установок [1]. Одним из первых применений системы стала реализация в 1989 году тренажера для учебного центра фирмы BASF, занимающей третье место в мире по объемам химического производства.

Система DIVA написана на языке программирования FORTRAN для операционной системы UNIX. При моделировании можно учитывать энергозатраты процессов, материалоемкость и их воздействие на окружающую среду. При этом DIVA, в частности, позволяет:

- проводить моделирование параметров процессов, которые не могут быть измерены непосредственно;
- определять причины отклонения текущих параметров процесса от заданных;
- обеспечить оптимальные условия реализации технологических процессов по критериям безопасности и производительности;
- использовать модели различных производственных процессов в учебном процессе при подготовке специалистов соответствующего профиля;
- подготавливать и контролировать производственный персонал.

Моделирование в системе DIVA является блочно-ориентированным, т.е. модель в DIVA задается в виде совокупности автономных блоков, имеющих свои входные и выходные параметры. В модели можно использовать или стандартные блоки (базовые элементы) из довольно обширной библиотеки элементов, или специфические элементы, параметры и принципы работы которых задаются пользователем. Математическая модель блока, предназначенная для реализации в DIVA, представляется системами алгебраических или обыкновенных дифференциальных уравнений, а также системами уравнений в частных производных с заданными начальными и граничными условиями. В среде DIVA каждому блоку соответствует откомпилированный FORTRAN-модуль, процесс создания которого автоматизирован специальной программой кодогенератором.

Для реализации моделей химических процессов в большинстве случаев достаточно следующих базовых элементов из библиотеки системы:

- химические и биологические реакторы;
- дистилляционные колонны, конденсаторы, испарители;

- теплообменники, насосы, мешалки;
- вентили, накопители, сепараторы;
- регуляторы различных типов.

Реализованный в Штутгартском университете (Германия) вариант системы DIVA предполагает следующую схему работы, основанную преимущественно на работе в режиме командной строки и редактировании соответствующих текстовых файлов:

1. подготовка модели в форме описания блоков и их соединений (anl);
2. подготовка начальных параметров блоков (dat);
3. при необходимости подготовка новых блоков при помощи кодогенератора;
4. подготовка командного файла с указанием временных параметров моделирования (например, model.do);
5. запуск моделирования: `drun < model.do > model.out`;
6. анализ результатов моделирования на основе данных в файле model.out и визуализация данных из файлов model.dsf/model.ddf при помощи MatLab/DivaGraphics.

Полное описание модели содержится в группе файлов (do, anl, dat). Система моделирования DIVA содержит множество команд, которые предназначены для управления процессом моделирования заданием начальных условий и изменением параметров блоков. Эти команды можно вводить непосредственно в командной строке интерпретатора. Однако для моделирования используется командный файл .do, в котором содержатся команды DIVA, устанавливающие начальные параметры модели, время моделирования, изменяющие некоторые параметры и запускающие модель на исполнение. В файле .do задаются также названия файлов результатов моделирования.

Результаты моделирования записываются в два файла с расширениями .dsf и .ddf. Файл .ddf – это значения переменных на каждом шаге моделирования, записанные подряд. В файле dsf содержится описание порядка следования переменных в файле ddf.

Как уже было отмечено, работа с системой производится в режиме командной строки при помощи специальных команд или группы команд, объединенных в командный файл *.do. Начальные параметры модели за-

даются вручную, путем создания специальных файлов, с помощью обычных текстовых редакторов. Все это приемлемо в условиях работы с системой в исследовательских целях, но существенно затрудняет широкое использование системы моделирования DIVA, как в учебных, так и в промышленных условиях. Для успешной работы с ней в этом случае, помимо хорошего знания операционной системы UNIX, необходимо также иметь представление о внутренней структуре системы DIVA, структуре входных и выходных файлов, способах задания начальных параметров. Интерфейс командной строки в современных условиях практически не пригоден и для обучения, тем более, что просматривать выходные данные возможно исключительно с помощью коммерческого пакета MatLab, а приобретать его только для этих целей экономически невыгодно.

В связи с вышеперечисленным актуальной является задача реинжиниринга системы с целью удовлетворения следующих требований:

- отказ от использования интерфейса командной строки управления моделированием и переход к интуитивно понятному графическому интерактивному интерфейсу;
- автоматизация создания файлов с инициализирующими значениями параметров моделирования (*start, *.anl, *.dat, *.do);
- возможность быстрого и наглядного изменения основных параметров при моделировании химического процесса;
- наглядность отображения полученных результатов моделирования;
- возможность анализа процесса, при помощи задания диапазона изменения какого-либо параметра и последующего просмотра состояния системы, в диапазоне изменения параметра;
- реализация работы с системой по принципу “клиент-сервер” с реализацией основного моделирующего ядра на сервере с операционной системой типа UNIX и пользовательского клиентского программного обеспечения на любом персональном компьютере под управлением операционных систем семейства MS Windows;
- возможность автоматического пакетного распараллеливания процесса моделирования на базе серверных кластеров, например, при обслуживании большого числа клиентов.

В результате была реализована архитектура клиент-серверного взаимодействия, представленная на рис. 1.

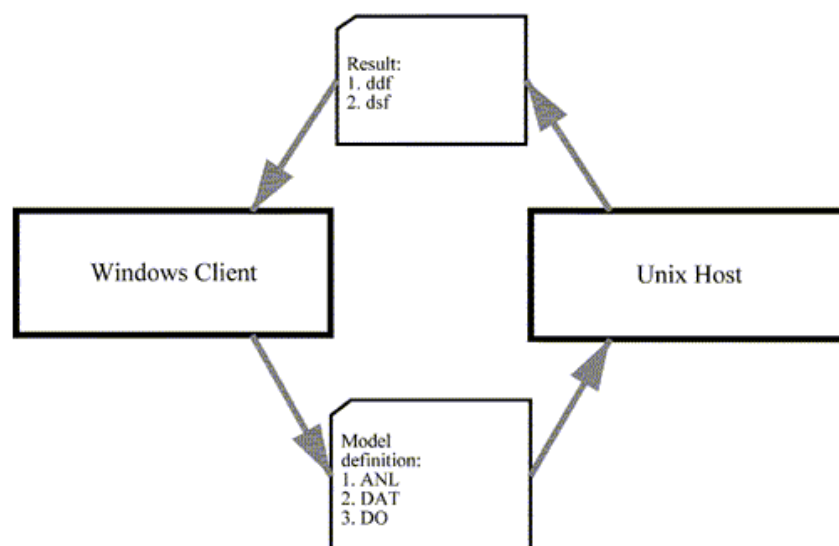


Рис. 1 Архитектура взаимодействия "клиент-сервер" в модернизированном варианте моделирующей среды

При таком распределении отпадает необходимость инсталляции на каждый компьютер пользователя всего пакета DIVA, занимающего около 400 МБ, а достаточно установка клиентского программного обеспечения, требующего на три порядка меньших затрат памяти, что делает возможным процесс загрузки его по Интернет. Другим преимуществом предложенного подхода является то, что при моделировании сложных процессов требуется наличие большой вычислительной мощности, которая может быть сосредоточена в доступном через Интернет вычислительном центре.

Так как разрабатываемая система будет применяться в качестве учебного тренажера для обучения персонала на предприятии, производящем уксусную кислоту, то для обеспечения наглядности применения обучающей системы моделирования ее интерфейс д.б. максимально приближен к изображению соответствующей технологической схемы в технической документации по производству уксусной кислоты, фрагмент которой представлен на рис. 2.

В связи с вышесказанным в качестве базового элемента интерфейса разработано специальное схематическое изображение химического реактора по производству уксусной кислоты, представленное на рис. 3.

Основные органы управления реактором были при этом реализованы в виде специального графического интерфейса, ориентированного на то, чтобы абстрагировать пользователя от формата файлов данных, описывающих модель в DIVA. Пользователь общается только с визуальным интерфейсом, мнемонически представляющим химический реактор, а сама

система моделирования DIVA и способы общения с ней реализованы прозрачными для пользователя.

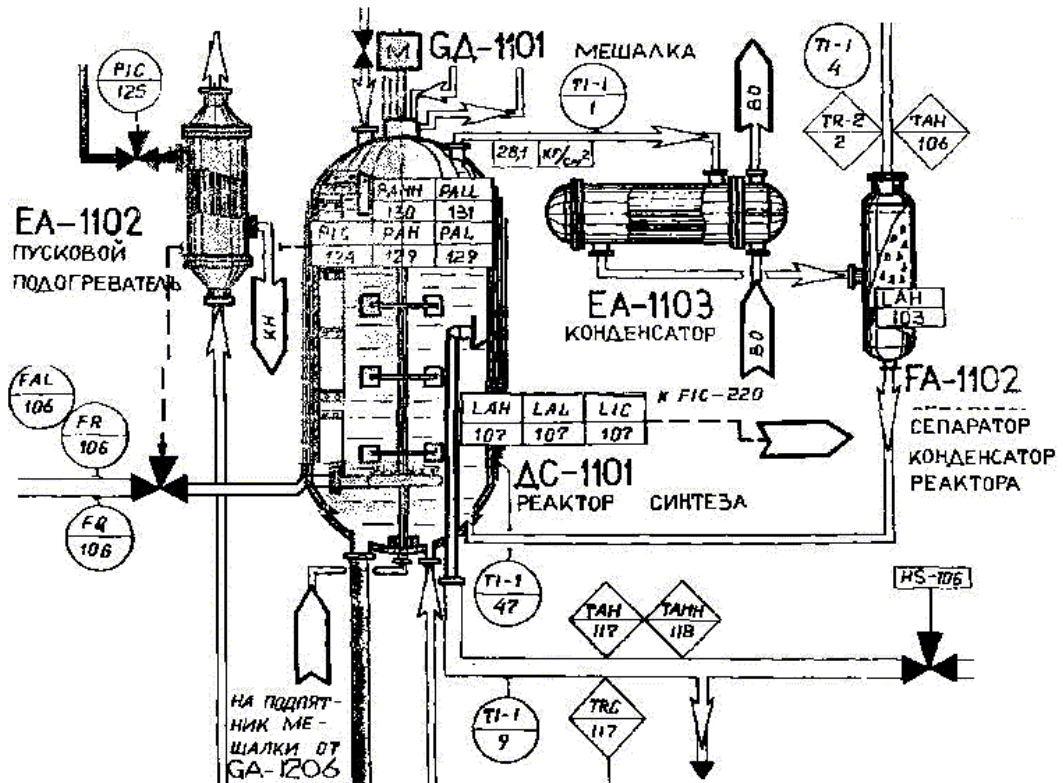


Рис. 2 Фрагмент технологической схемы производства

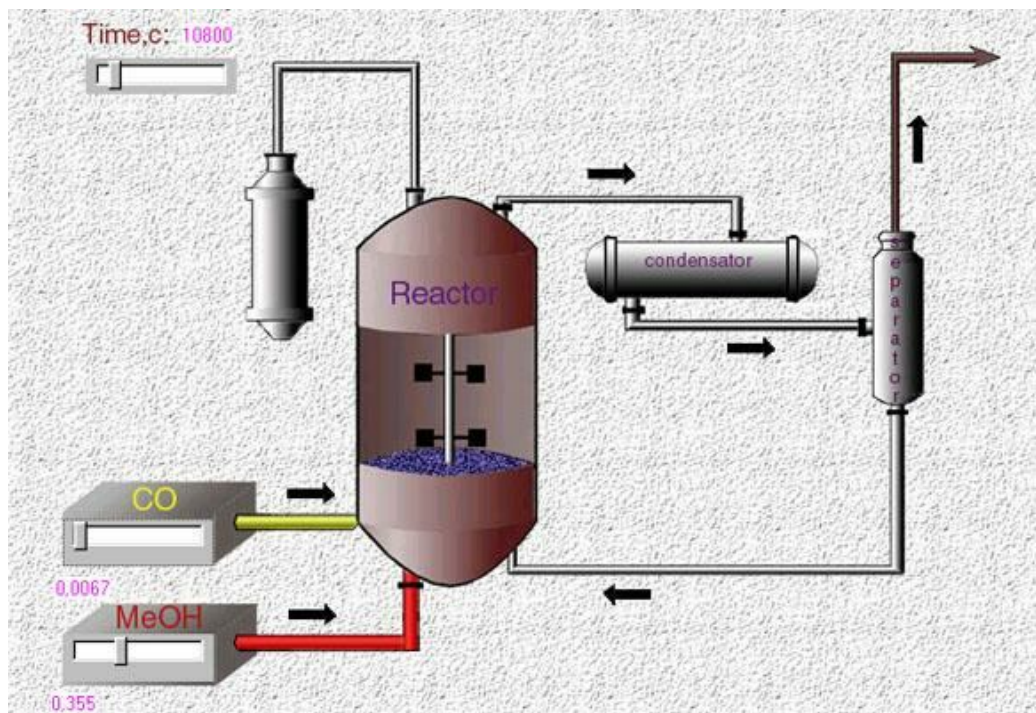


Рис. 3 Схематическое изображение химического реактора по производству уксусной кислоты в клиентской части тренажерно-управляющего комплекса

Все установки параметров оболочки и связи по протоколу TCP/IP также собраны в отдельные удобные меню, способствующие ускорению работы с системой. При разработке учитывалось то, что пользователю необходимо будет сохранять свои текущие настройки оболочки или просматриваемые графики, для чего предусмотрены режимы сохранения просматриваемых значений и графиков.

Выводы

В целом при разработке распределенной системы моделирования на базе DIVA был комплексно реализован целый ряд решений, существенно повышающих возможности системы, облегчающих работу пользователя и обеспечивающих более полное и быстрое понимание им процессов, происходящих в химическом реакторе. В дальнейшем предполагается развитие работ в данном направлении в рамках научного сотрудничества ДонГТУ со Штуттгартским университетом и Институтом Макса-Планка (Магдебург, Германия).

Литература

1. Holl P., Marquardt W., Gilles E.-D. DIVA – A Powerful Tool for Dynamic Process Simulation. *Comp. Chem. Eng.* 12 (1988), S. 421-426.
2. Аноприенко А. Я., Кинле А., Святный С. Н., Осипова Т. Ф. Моделирование реактора синтеза уксусной кислоты на базе моделирующей среды DIVA / В кн. «Информатика, кибернетика и вычислительная техника (ИКВТ-97). Сборник научных трудов ДонГТУ.» Выпуск 1. Донецк, ДонГТУ, 1997, с. 16-21.
3. Забровский С.В. Средства графической визуализации в моделировании сложных систем. Выпускная магистерская работа. Донецк: ДонГТУ, 2000. – 112 с.
4. Каневский А.Д. Разработка средств моделирования сложных технологических процессов химического производства. Дипломный проект. Донецк: ДонГТУ, 2000. – 176 с.

Как правильно ссылаться на эту статью:

Аноприенко А.Я., Забровский С.В., Каневский А.Д. Опыт реинжиниринга системы моделирования сложных технологических процессов // Научные труды Донецкого национального технического университета. Выпуск 20. Серия «Вычислительная техника и автоматизация». – Донецк, ДонГТУ, 2000. С. 139-148.