

Система управления производством на базе событийных моделей

© 2009 Д.А. Прокофьев

Всероссийский НИИ проблем вычислительной техники и информатизации

Предлагается методика создания АСУ для сложных производств на базе событийных моделей, направленных на обслуживание запросов технологических процессов.

Ключевые слова: событийное моделирование, теория автоматов, потоковая технология, графы, иерархические структуры, технологические процессы, модель агрегата, модель потока и модель структуры производства, технологическая сеть.

Многообразие технических и программных средств, структурных и архитектурных решений является определяющей характеристикой действующих АСУ на таких сложных предприятиях, как современные предприятия химической промышленности и объекты уничтожения химического оружия. Создание АСУ для сложных технологических производств и предприятий с повышенным риском является одним из основных средств повышения безопасности работы на таких объектах и служит более эффективному управлению ими. Повышение уровня автоматизации и последующее развитие в сторону применения комплексных АСУ в значительной степени повлияли на степень автоматизации самого процесса проектирования таких систем¹.

Для класса производств с поточной технологией каждому определенному технологическому переделу, как правило, соответствует свой поток, а их совокупность и является собственно технологической деятельностью. Потоки в ходе производства формируются, выполняют заданную производственную задачу, останавливаются, разбираются и т.п. Собственно потоки, соответствующие переделам, и являются технологическими процессами (ТП)². Целью управления объектом с поточной технологией выступают организация структуры и поддержание требуемых параметров различного рода потоков.

Общая технологическая структура производства. В качестве объекта для создания комплексной АСУ было выбрано производство по уничтожению химического оружия (ПУХО), как типичный объект с поточной технологией производства. Он содержит поточно-транспортные си-

стемы, химико-технологические процессы, системы технологического и инженерного обеспечения и характеризуется экстремальными условиями функционирования и эксплуатации.

Технология уничтожения основана на химическом методе (разработка ГосНИИОХТ, г. Москва) и включает 3 стадии собственно уничтожения химического оружия: расснаряжение боеприпасов; химическая детоксикация отравляющих веществ (ОВ); химическая и термическая дегазации корпусов боеприпасов с последующим их деформированием и отправкой в металлолом³.

Кроме того, технология включает ряд процессов очистки и подготовки сопутствующих продуктов уничтожения, которые также относятся к стадиям технологии: многоступенчатая очистка газовых выбросов; очистка сточных вод; уничтожение твердых отходов; очистка дымовых газов от печей термического обезвреживания; приготовление дегазирующих растворов.

Упрощенная технологическая схема ПУХО и основные материальные потоки представлены на рис. 1. Собственно материальные потоки начинаются с приема контейнеров с железнодорожных вагонов, включают контроль их состояния, участок обработки некондиционных контейнеров и боеприпасов (БП), склад временного хранения (СВХ) некондиционных контейнеров; далее контейнеры с БП поступают на поточные линии расснаряжения (ПЛР) (4 линии). После ПЛР поток материалов разделяется на 4 составляющие:

- ОВ - отравляющие вещества, поступающие в систему детоксикации, после которой в виде реакционной массы (РМ) поступают на склад реакционных масс (СРМ) и далее в железнодорожные цистерны;
- корпуса БП, обрабатываемые на поточной линии термообработки и уничтожения корпуса (ПЛТУ), после которой в виде металлолома поступают на склад и далее в железнодорожные вагоны;

³ Уткин А.Ю., Петрунин В.А., Капашин В.П. Указ. соч.

¹ Прангишвили И.В., Амбарцумян А.А. Основы построения АСУ сложными технологическими процессами. М., 1994.

² Уткин А.Ю., Петрунин В.А., Капашин В.П. Совершенствование технологий уничтожения химического оружия в Российской Федерации // Федеральные и региональные проблемы уничтожения химического оружия: сборник. М., 2004. Вып. 6.

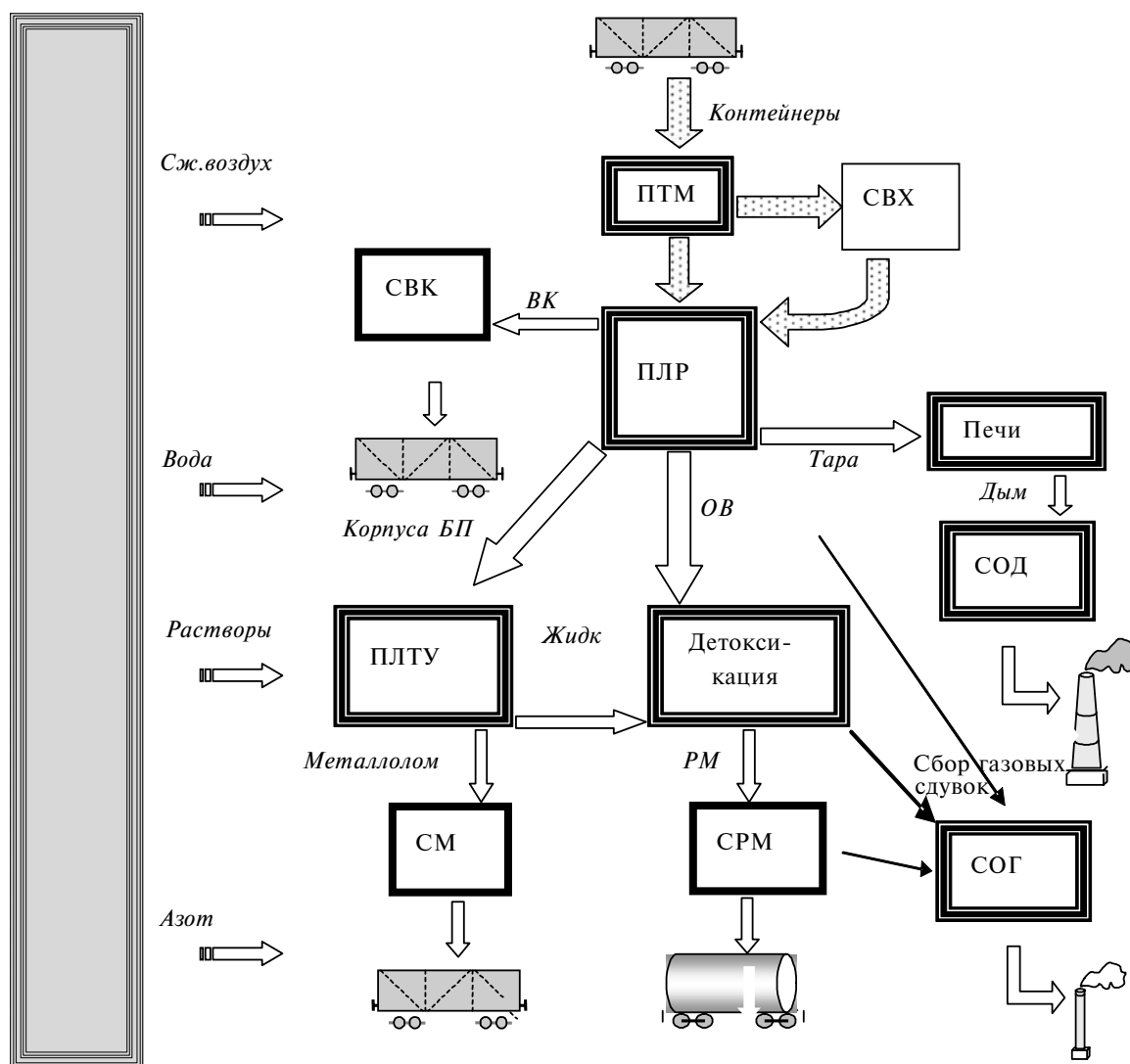


Рис. 1. Упрощенная технологическая структура ПУХО

- тара, направляемая в печь и системы очистки дыма (СОД);
- возвратные контейнеры, направляемые на склад СВК и далее в железнодорожные вагоны.

Кроме перечисленных основных потоков материалов, технология предусматривает сбор газовых сдувок на оборудовании всех стадий, сопряженных с ОВ, с последующей обработкой газов в системе многоступенчатой очистки (СОГ) и сбор протечек жидкостей, с последующей их детоксикацией.

Таким образом, ПУХО - это дискретное производство с включением поточных фрагментов и с непрерывно-дискретными обеспечивающими процессами (НДОП).

Программно-технические решения АСУ ПУХО. АСУ производства по уничтожению химических отходов представляет собой комплекс программных и технических средств, предназначенных для выполнения задач автоматизированного мониторинга параметров технологических

процессов, организации каналов информационного обмена служб оперативного, технологического и административного управления производством, поддержки создания и архивного хранения отчетов, организации оповещения об аварийных событиях. Структурно АСУ ПУХО разделена на несколько локальных подсистем, связанных функционально и территориально к производственным объектам (по участкам):

- подсистема основного производственного корпуса №1;
- подсистема производственного корпуса №2;
- подсистема склада ЛВЖ с насосной;
- подсистема склада реакционных масс и насосной;
- подсистема водопроводной насосной станции;
- подсистема БОС и ФХО;
- подсистема пункта дегазации и центрального теплового пункта.

АСУ всего производства и каждой подсистемы в частности строится по иерархическому принципу и имеет многоуровневую структуру. В ее структуре выделяется четыре уровня иерархии: нижний уровень - уровень датчиков, установленных на автоматизированных технологических объектах; уровень локализованной информации от программируемых логических контроллеров; оперативный уровень - уровень операторских станций; административный уровень - супервизорные задачи на уровне производства.

Операторский и административный уровень образуют единый - верхний уровень иерархии. Нижний уровень - это уровень датчиков, измерительных преобразователей и исполнительных устройств, которые установлены непосредственно на технологическом оборудовании. Входными сигналами АСУ являются текущие значения технологических параметров, поступающих в систему в результате опроса и первичной обработки сигналов от первичных преобразователей. Ввод в систему значений технологических параметров осуществляется в автоматическом режиме, определенном алгоритмом функционирования системы, в системе входные сигналы подразделяются на два типа: аналоговые входные сигналы; дискретные входные сигналы.

Аналоговые входные сигналы вводятся в систему от датчиков измерения физических значений технологических параметров (давление, уровень, расход и т.д.). Дискретные сигналы поступают от датчиков контроля состояния технологического оборудования (положение и исполнительные механизмы, включение/выключение, загазованность и т.д.).

Выходными в АСУ являются сигналы, вырабатываемые системой с целью информирования персонала о состоянии оборудования в соответствии с заданным алгоритмом функционирования объекта управления: выходная оперативная информация; предупреждения оператору; сигналы об авариях;

Выходной оперативной информацией выступают значения технологических переменных и технико-экономических показателей за различные интервалы времени и сообщения об изменениях состояния технологических объектов. Выходная оперативная информация отображается на экранах АРМ операторов и оформляется в виде сменных отчетов.

Уровень контроллеров (ПЛК) предназначен для сбора и первичной обработки информации от датчиков. Ввод и вывод сигналов осуществляется средствами ПЛК. Этот уровень обеспечивает информацией о ходе выполнения технологических процессов и оборудования с задан-

ными алгоритмами функционирования и системой аварийных защит и сигнализации.

Оборудованием данного уровня являются: вторичные приборы датчиков, ПЛК и устройства связи с верхним уровнем. Связь между оборудованием среднего уровня и оборудованием верхнего уровня осуществляется при помощи коаксиального кабеля.

В части АСУ ПЛК обеспечивают:

- прием сигналов от датчиков, измерительных преобразователей, аварийных сигналов от вторичных приборов;
- контроль достоверности и первичную обработку информации (пересчет параметров в физические величины, вычисление текущих значений, вычисление средних значений и т.д.);
- обмен данными с компьютером верхнего уровня по технологическим протоколам.

Подсистемы АСУ этого уровня в ПУХО строятся на основе ПЛК ControlLogix фирмы Allen-Bradley, как на надежном и широко распространенном средстве обеспечения автоматической информацией по работе оборудования.

Для построения операторского уровня АСУ используется SCADA-система. Она позволяет создавать АРМ оперативного управляющего персонала. Оборудование этого уровня - пост дежурного оператора. На данном уровне реализуются такие информационные функции, как: отображение и регистрация информации о состоянии параметров ТП и состоянии оборудования; формирование и вывод на экраны мониторов оперативных данных, сообщений об отклонениях технологических параметров, аварийных отключениях оборудования, о появлении неисправностей в системе и т.д.

Оперативному персоналу выводятся предупреждающие сигналы о протекании технологического процесса в реальном режиме времени от программ управления и функционального контроля. Обеспечивается генерация аварийных сигналов системами функционального контроля системы. Аварийные сообщения поступают немедленно в момент создания аварийной или пред-аварийной ситуации с подачей звукового сигнала. При получении аварийного сообщения оператор подтверждает его принятие, что отражается в информационной базе. Все операторские станции подключены к сети Ethernet предприятия, через которую обеспечивается информационный обмен между ними, а также взаимодействие с системами верхнего уровня. Административный информационный уровень строится на базе рабочих мест персонала, участвующего в решении супервизорных задач производства: технологов, мастеров участков. Рабочие места этих

специалистов связаны локальной сетью предприятия с оперативным уровнем.

Для моделирования отдельных технологических процессов в производственной технологической сети введена конструкция событийной модели ТП⁴. В результате поведение всей технологической сети производства определяется совокупным поведением множества технологических процессов (потоков). Таким образом, декомпозируется сложная технологическая сеть и, соответственно, упрощается задача моделирования. Модель ТП предназначена для представления в АСУ состояний реальных процессов и имитации их выполнения сменой состояний жизненного цикла модели, как функции команд и событий, поступающих в систему. Модель ТП описывает все востребованные конфигурации части технологической сети. Конфигурация задает состояние каждого агрегата в конкретной части технологической сети. АСУ определяет условия реализуемости конфигурации, порядок настройки агрегатов и условия функционирования ТП в ней.

Общая схема управления и основные процедуры. Схема управления конструируется так, что-

бы вся функциональность АСУ была направлена на обслуживание запросов моделей ТП, т.е. на обеспечение выполнения динамики их жизненных циклов. Процессы, в свою очередь, выстроены вокруг материальных потоков и призваны обеспечить их функционирование в соответствии с тактическими целями производства.

При выполнении конкретного технологического процесса схема его мониторинга в событийной модели активизирует экземпляр объекта TP_j , который является моделью реального ТП. Это обеспечивается перемещением TP_j из пассивных в активные. При этом на первой фазе выполняется анализ реализуемости (рис. 2).

Атрибуты TP_j охватывают: структуру, состояние жизненного цикла, параметры потока, состояние функций защит и автоматического регулирования; отражают все, что происходит в реальном технологическом процессе во всех фазах его жизненного цикла: проверка реализуемости, запуск, работа в заданном режиме, разборка и т. д.

Далее перечислены основные процедуры системы управления для событийной модели ТОУ:

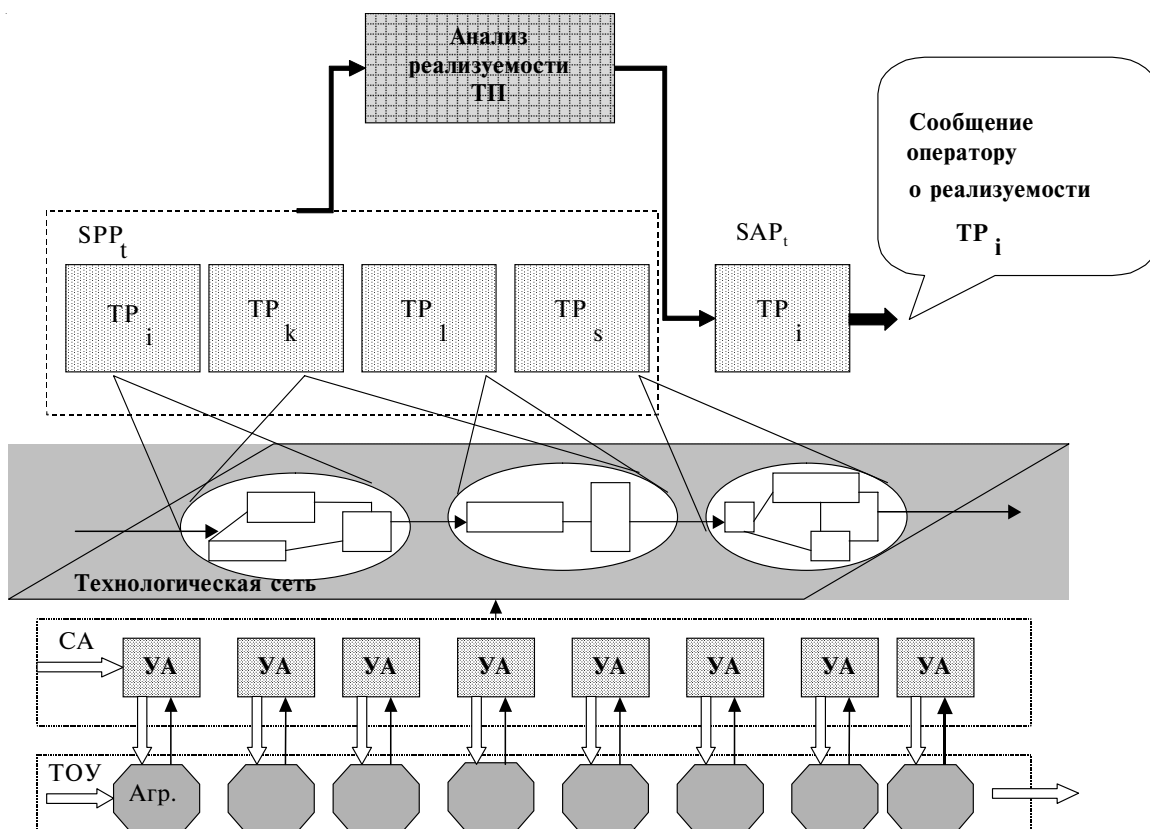


Рис. 2. Анализ реализуемости процессов

⁴ Амбарцумян А.А., Браништов С.А. Событийные модели управления технологическими процессами, ориентированные на защиту от ошибочных действий персонала. М., 2006.

1) процедура интерпретации сценариев $SE(TS_k)$, осуществляющая запуск сценария, вре-

менную приостановку сценария и завершение, изменение и индикацию статуса сценария;

2) процедура обслуживания технологического процесса $PE(TP_j)$, выполняющая последовательную выдачу команд в модели агрегатов на изменение их состояния, мониторинг условий функционирования режима;

3) процедура управления агрегатами $AE(a_i)$, предназначенная для интерпретации модели агрегатов, выдачи команд на исполнительные механизмы и контроля положения;

4) процедура *Мон*, выполняющая мониторинг событий, происходящих в ТОУ, и реакцию по ним системы управления;

5) процедура формирования диалога с оператором $SD(dm)$.

Вся функциональность АСУ направлена на обслуживание запросов моделей технологических процессов, т.е. на обеспечение выполнения динамики их жизненных циклов. Процессы, в свою очередь, выстроены вокруг материальных потоков и призваны обеспечить их функционирование в соответствии с тактическими целями производства, которые заложены в активном технологическом сценарии. Такое решение позволяет переложить ряд функций управления с человека на автоматизированную систему и тем самым повысить эффективность управления поточным производством.

Поступила в редакцию 01.11.2009 г.