

МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА В АСУТП

А.А. Амбарцумян, С.А. Браништов

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва

Рассмотрена роль технологического регламента в построении АСУТП. Предложен метод формального представления информации из регламента для разработки модели активного сценария управления оборудованием, процессами и персоналом.

ВВЕДЕНИЕ. РОЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА В УПРАВЛЕНИИ ПРОЦЕССОМ

Технологический регламент — основной нормативный документ, описывающий технологические методы, технические средства, нормы и порядок производства продукта с заданными потребительскими свойствами и определяющий режим работы оборудования, параметры технологических операций, безопасные условия эксплуатации, требования по охране окружающей среды и пожарной безопасности и др. [1, 2]. Ответственность за соблюдение требований регламента лежит на каждом должностном лице, указанном в регламенте, непосредственно (в рамках его должностных обязанностей) и на тех лицах, кому адресованы приведенные в нем должностные инструкции.

Поскольку регламент — это основной нормативный документ, определяющий нормы и правила ведения технологического процесса (ТП), он служит неотъемлемым элементом схемы управления процессом.

В автоматизированную систему управления (АСУ) всегда заносятся те нормы процесса, которые могут быть измерены с помощью датчиков или рассчитаны по формальным алгоритмам, — допустимые значения параметров, уставки блокировок, защит и сигнализаций. Соответствующая информация четко представлена в регламенте в виде таблиц, формул, графиков и поэтому её не сложно перенести в АСУ. Требования к ведению ТП, представленные в регламенте, по-разному выполняются участниками схемы управления.

На рис. 1 показаны виды и роль информации, представленной в регламенте, и производные от нее функции участников схемы управления [3, 4].

Контроль технологии производства, последовательности производственных операций, их дли-

тельности и характера воздействия на материалы можно возложить на АСУ, если есть формальные методы представления этих данных в виде математических моделей и есть методы контроля соблюдения технологии. Однако не всегда это удается. По большей мере именно операторский и диспетчерский персонал выполняет эти обязанности. Ведь знание и понимание технологической схемы (с её основными, вспомогательными и резервными потоками), знание точек измерения на ней, взаимосвязи и влиянии параметров ТП друг на друга и знание взаимодействия оборудования довольно сложно занести в АСУ и поручить ей принимать решение по коррекции не просто параметров процесса, а технологии производства. Эта прерогатива повсеместно пока остается за человеком. Поэтому информация об условиях и организации нормальных режимов эксплуатации оборудования, переходных режимах пуска, останова и реконфигурации процесса, описанная в регламенте, используется именно оперативным персоналом при управлении и контроле ТП. Такая ситуация продолжает сохраняться, поскольку нет действенных методов формализации подобной информации.

Регламент как нормативная документация определяет зоны ответственности, права и обязанности персонала, устанавливая требования к выполняемым организационным, управленческим и контролирующим действиям персонала. В нем описывается кто (по должности), в каких случаях и каким образом должен реагировать на ситуацию и принимать решения. Эта информация никоим образом не присутствует в АСУ. Обязанность её использования и обеспечения качества исполнения ложится исключительно на персонал. Полномочия, обязанности и порядок взаимодействия персонала формально определяются должностными инструкциями (приложением к регламенту) и неформально расширяются и уточняются путем личных договоренностей на производственном

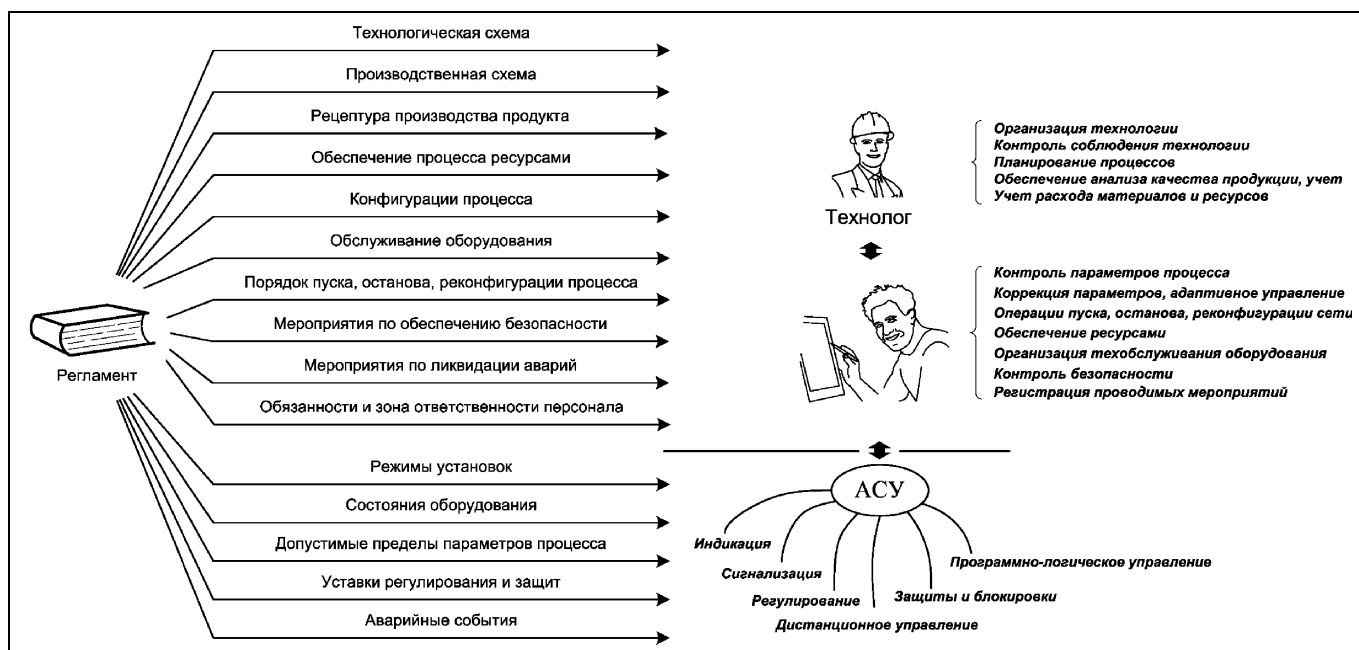


Рис. 1. Функции управления на основе информации из регламента

участке. При таком разграничении полномочий зачастую случаются неопределенности, недопонимания со стороны исполнителей задач, и в результате возникают ошибки в управлении из-за человеческого фактора. Контроль исполнения общих обязанностей и конкретных управляющих действий персонала лежит на руководстве, т. е. и здесь не исключен человеческий фактор. Тем не менее, роли персонала в схеме управления процессом можно занести в автоматизированную систему с тем, чтобы она могла контролировать и направлять действия человека согласно его обязанностям и полномочиям. Это, конечно же, касается не всех обязанностей персонала, а только тех, которые связаны с управлением технологическим процессом — непосредственным воздействием на него.

1. ОСНОВНОЙ ПОДХОД

В работе [5] предложена схема логического управления структурой технологического объекта управления (ТОУ) на основе событийного моделирования, открывающая новые возможности повышения степени автоматизации управления технологическими процессами. Однако апробация событийного моделирования на реальных задачах показала трудности, связанные с формированием таблиц моделей большой размерности и заданием последовательности включения моделей отдельных процессов в работу и их взаимодействия. В работе [6] излагается подход к структурированию поведения ТОУ в виде иерархии подобно устроенных процессов и задания последовательности процес-

сов в виде активных технологических сценариев. Каждый сценарий описывает последовательность управляющих и организационных процедур для достижения цели управления, которые определены в регламентной документации. Таким образом, технологические сценарии выступают еще и как средство формального представления регламентов комплексного управления производством, т. е. являются их моделью. В настоящей статье описана модель представления регламентов в виде активного технологического сценария, показана схема функционирования автоматизированной технологической сети, в которой технологический сценарий является «исполняемым модулем», т. е. компонентом, определяющим порядок активизации всех остальных компонентов схемы, в том числе и персонала.

Во включении в систему автоматизации нового средства управления производственным процессом, моделирующего технологический регламент, заключается основная идея расширения событийного моделирования и управления оборудованием, процессами и персоналом. Ставится цель разрешить основную коллизию традиционной схемы управления процессами, состоящую в том, что персонал как инициирует выполнение функций управления, так и контролирует результаты их исполнения, на основе чего он и планирует свои действия по управлению технологическим процессом. В традиционной схеме оператор находится над всеми задачами, являясь инициирующим и контролирующим звеном цепочки управления. Основным ограничительным инструментом вы-



ступают предписания регламентов и должностные инструкции. Формализация регламента и включение его модели в качестве главного супервизорного звена в схеме управления, с одной стороны, автоматизируют ряд функций, которые в традиционной схеме выполнял оператор, с другой — ограничивают роль персонала в рамках потребностей технологического процесса в конкретный момент. Другими словами, решение от персонала востребуется только тогда, когда оно необходимо по технологии, и в соответствии с рекомендациями нормативных документов. Регламентами и определяется роль человека в цепочке управления технологическим процессом в этот момент времени. Новые механизмы управления основаны на схеме управления, включающей в себя событийное моделирование, предложенное в работе [5], но расширяют ее путем введения модели активных сценариев, которые моделируют регламенты и другие нормативные документы, описывают алгоритмы управления, учитывают разделение ролей персонала и ограничение воздействия на объект управления [6].

2. СОБЫТИЙНЫЕ МОДЕЛИ

Основные задачи событийного моделирования состоят в представлении структуры производства, работ и операций по преобразованию сырья моделями процессов и активными сценариями в и интерпретации этих моделей.

Теория событийного моделирования предлагает набор моделей, включая модель агрегата, модель технологического процесса и модель структуры производства — технологическую сеть — достаточный для имитации описанной схемы поведения структуры потоковой технологии. В этих моделях, атрибутах и жизненных циклах достаточно информации для управления ТОУ на их основе.

Модель технологической сети предназначена для моделирования структуры производства в целях организации и поддержания требуемых параметров различного рода потоков (например, в нефтедобыче это потоки эмульсии, нефти, газа, воды, в энергетике — потоки топлива, теплоносителей, охлаждающей воды, электроэнергии и т. п.).

Модели агрегатов (узла сети) предназначены для представления в АСУТП состояний арматуры и различного рода исполнительных механизмов (насосов, компрессоров и т. д.), преобразующих агрегатов, емкостей, скважин и т. п.; а также для имитации их работы сменой состояний жизненных циклов агрегатов как функций команд и событий, поступающих на них. При этом состояния жизненного цикла соответствуют операциям, выполняемым узлом над входным потоком, и текущему статусу узла (занят—свободен, исправен—неисправен). Модель узла включает в себя функции управ-

ления преобразованием потока, проходящего через узел, функции регуляторов, защит, блокировок.

Модель технологического процесса (участка технологической сети) предназначена для представления в АСУТП состояний реальных процессов и имитации их выполнения сменой состояний жизненного цикла модели как функции команд и событий, поступающих в систему. Модель характеризуется структурой, событием и временем его начала и окончания, основными параметрами потоков в заданной структуре, множеством технологически осмысленных состояний (режимов), условиями (правилами) его запуска и функционирования, жизненным циклом.

Состояния жизненного цикла ТП представляют собой фазы выполнения процесса: проверку реализуемости, подготовку к выполнению (настройку узлов — агрегатов — на требуемые операции и запуск обеспечивающих процессов), выполнение ТП в заданном режиме и его разборку при наступлении соответствующего события.

Предложенный в теории событийного моделирования жизненный цикл процесса определяет порядок и правила работы с группой агрегатов, обуславливающих этот процесс. Перед стартом процесса или изменением его конфигурации требуется проверка реализуемости соответствующей задачи. Затем устанавливается необходимое положение агрегатов. И когда все агрегаты приняли это положение, процесс считается активированным в заданной конфигурации. Во время работы проверяются состояния агрегатов на предмет удовлетворения требованиям этого процесса. Если состояния изменились, то текущая конфигурация процесса не выполняется и следует произвести реконфигурацию или другие ответные действия.

Правила и порядок работы с жизненным циклом определяются методикой и алгоритмами, одновременно реализованными в программе соответствующего интерпретатора. В то время как модели процессов, агрегатов, их состояния, условия реализуемости и условия функционирования задаются с помощью матриц или таблиц отдельно по каждому процессу или участку производства.

Все возможные состояния (конфигурации) процесса описываются с помощью матриц MS , $M\Phi$ и $M\Psi$, где столбцы маркированы именами агрегатов, отнесенных к данному процессу в ТОУ, а строки описывают различные конфигурации процесса как совокупности состояний агрегатов. Конфигурации процесса нумеруются. Нулевая конфигурация соответствует погашенному процессу. С конфигурации 1, как правило, процесс начинает выполняться.

Матрица MS указывает на состояния агрегатов, в которых они должны находиться или в которые должны быть переведены перед запуском процесса в соответствующей конфигурации. Матрица $M\Phi$ описывает условия запуска процесса в какой-

либо конфигурации по каждому агрегату, а матрица *МЦ* — состояния агрегатов перед запуском процесса и во время его функционирования в соответствующей конфигурации по именам (номерам) датчиков положения агрегатов.

Модель технологического сценария. Активные технологические сценарии — это алгоритмы, представляющие собой планы достижения конкретных технологических целей в виде совокупности этапов и условий их выполнения.

Управление технологическими целями — это выбор последовательности действий по организации или изменению параметров и хода процесса для достижения определенной цели. Например, целью может быть определенное качество продукта или просто необходимая конфигурация технологической сети. Целенаправленное управление ТП формируется в два этапа: сначала осуществляется непрерывное или периодическое наблюдение за состоянием агрегатов и значениями параметров процесса, затем выполняется последовательность действий по модификации состояний исполнительных агрегатов на объекте управления. Этот процесс циклически замкнут — по результату наблюдения принимается решение об управляющем воздействии на технологический процесс, затем снова наблюдение и т. д.

В автоматизированных системах для мониторинга технологического процесса, как правило, используется система условий, в соответствии с которой значения параметров и состояния оборудования преобразуются в команды управления. Команда управления может либо непосредственно воздействовать на исполнительный механизм или же вызывать цепь управляющих действий по формированию требуемого режима технологического процесса.

Алгоритмы управления предлагается организовывать в виде сценариев достижения технологических целей управления. Сценарии определяют последовательность изменения режимов процессов, протекающих в объекте управления. По этим сценариям можно автоматически формировать команды на исполнительные механизмы, организовывать выполнение ручных работ на объекте, контролировать ход технологического процесса и пр. Например, сценарий поддержки основного технологического цикла — по сути, основной алгоритм управления технологическим процессом, который выполняется все время, пока осуществляется производство. Возможны также отдельные сценарии для решения частных производственных задач, выполняемых по возникновению определенных событий, например, сценарий поддержки принятия решений при возникновении чрезвычайной ситуации или сценарий организации взаимодействия персонала при проведении ремонтных работ. Сценарий может быть иерархическим, если на каком-то этапе он требует достижения промежуточ-

ной цели и для этого в его позиции имеется инструкция выполнения (вызова) другого сценария.

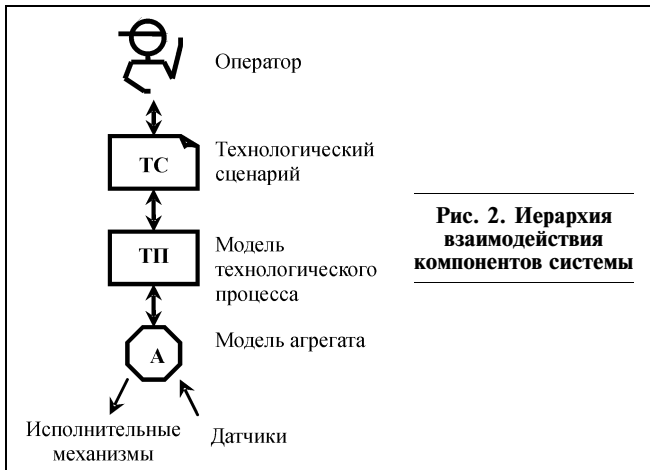
Как правило, варианты управления разрабатываются для каждого технологического объекта индивидуально, с учетом свойств установленного оборудования и конфигурации технологической структуры. Однако для типовых объектов стратегическое управление достижением целей и управление технологией, в целом, одинаково. Например, процедуры ликвидации чрезвычайной ситуации на линейном участке магистрального газопровода типизированы и имеют общую последовательность действий. Это дает право разрабатывать общие технологические сценарии контроля и управления технологией на основе регламентов таких объектов. При реализации системы управления эти сценарии, безусловно, потребуют адаптации в момент привязки их к конкретному объекту, которая должна учитывать особенности объекта, но структура алгоритма остается прежней. Возможность строить систему управления на базе типовых алгоритмов и заранее определенных в моделях обязательных требований для подобных объектов упрощает разработку системы и гарантирует выполнение этих требований с помощью типовых моделей.

3. СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СЦЕНАРИЯ

Цели управления достигаются путем исполнения соответствующего сценария. Согласно сценарию последовательно, шаг за шагом, формируется необходимая структура технологической сети, настраивается оборудование и процессы на требуемые режимы, иницируются и контролируются организационные мероприятия. Сценарий исполняется следующим образом.

Оператор посредством человеко-машинного интерфейса выбирает в системе целевой сценарий и запускает его. В системе автоматизации работает процедура исполнения активного сценария, которая интерпретирует модель сценария и отрабатывает инструкции в его позициях. Оператор контролирует ход исполнения, подтверждает квитируемые операции, выбирает альтернативные варианты управления, обеспечивает выполнение ручных действий. В соответствии со сценарием выполняется автоматическое управление моделями процессов, агрегатами и другими дополнительными сценариями. Для этого в сценарии предусмотрены четыре типа инструкций в зависимости от адресата:

— инструкции оператору: квитирование сообщений, подтверждение (отмена) операций управления, выбор варианта управляющего воздействия, обеспечение ручного воздействия на исполнительные механизмы и визуального контроля; эти инструкции выдаются в форме диалога;



- для автоматической настройки режима технологического процесса;
- по управлению состояниями агрегатов;
- по совместному исполнению нескольких сценариев: запуск сценария, приостановка, завершение, синхронизация и пр.

На рис. 2 в общем виде показана иерархическая цепочка взаимодействия компонентов системы. Оператор реализует цели управления, исполняя различные технологические сценарии *ТС*. Те, в свою очередь, для комплексного управления арматурой объекта оперируют событийными моделями технологических процессов *ТП*, определяя необходимые режимы процессов на участках технологической сети. Событийные модели *ТП* содержат информацию о конфигурации сети и правила ее настройки, они передают в модель агрегата *А* требуемые состояния арматуры, получают ответ об исполнении и вычисляют условие функционирования процесса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Активные технологические сценарии в сочетании с событийными моделями технологических процессов и оборудования предоставляют новые возможности автоматизации управления технологическими процессами: управление процедурой ведения технологического процесса, автоматизированный контроль и управление деятельностью персонала, координация служб и технических работ на объекте, разграничение уровней управления путем персонализации интерфейсов.

Автоматизированное управление технологическим объектом с помощью активного сценария заключается в интерпретации шагов сценария, и в соответствии с инструкциями в его позициях вырабатываются команды на изменение структуры объекта управления, режимов работы процессов и (или) регламентации неавтоматизированных действий персонала на объекте.

Для автоматизации управления структурой и режимами технологического объекта используется совокупность событийных моделей агрегатов, технологических процессов и технологической сети, предложенных в работе [5] и дополненных в работе [6] моделями диалогов и активных технологических сценариев. Такое решение позволяет переложить ряд функций управления с человека на автоматизированную систему, такие как контроль параметров процесса и его режима, реакция на события, управление процессом, обеспечение соблюдения технологии и др.

Благодаря свойствам событийных моделей удалось построить схему управления процессами, основанную на интерпретации фаз технологического сценария, исполнения предусмотренных в фазе команд запуска и гашения технологических процессов. Схема управления основана на анализе текущего состояния структуры технологической сети по ее логической модели, и управление структурой процессов основано на принципе управления с обратной связью по отклонению текущего состояния структуры от требуемого. Активные технологические сценарии используются как программы достижения технологических целей производства. Сценарии предусматривают разделение ролей управляющих процессом лиц по уровню принятия решений, руководству выбором варианта управления, координации различных исполнителей и контролю исполнения заданий. Подход к контролю и ограничению действий персонала при управлении технологическими процессами на основе модели активных сценариев рассмотрен в работе [7].

ЛИТЕРАТУРА

1. *ОСТ 42-505—96*. Продукция медицинской промышленности. Технологические регламенты производства. Содержание, порядок разработки, согласования и утверждения. Стандарт отрасли. Утверждены Минздравом РФ 25 февраля 1998 г.
2. *Положение* о технологических регламентах производства продукции на предприятиях химического комплекса. Утверждено: Министерство экономики РФ, 06.05.2000 / Приложение 6: «Технологический регламент установки подготовки нефти».
3. *Технологический* регламент на эксплуатацию ДКС-7. — ООО «Ямбурггаздобыча», 2000.
4. *Технологический* регламент комплексного сборного пункта нефти № 11 Самотлорского месторождения. — ООО «Гипротюмнефтегаз», 2002.
5. Амбарцумян А.А., Казанский Д.Л. Управление технологическими процессами на основе событийной модели. Ч. I, II // Автоматика и телемеханика. — 2001. — № 10, 11.
6. Амбарцумян А.А., Браништов С.А. Методика иерархического структурирования событийных моделей технологических процессов // Информационные технологии в проектировании и производстве. — 2003. — № 2.
7. Амбарцумян А.А., Браништов С.А. Событийные модели управления технологическими процессами, ориентированные на защиту от ошибочных действий персонала. — М.: ООО «Гринвич», 2006. — 168 с.

☎ (495) 334-87-89, ambar@ipu.ru, branishtov@mail.ru

Статья представлена к публикации членом редколлегии О.П. Кузнецовым. □