

НЕР-СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ — НОВЫЙ ТИП СИСТЕМ, ОРИЕНТИРОВАННЫЙ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЗАЩИТУ ОТ ОШИБОК ПЕРСОНАЛА

А. А. Амбарцумян

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

Сформулированы принципы построения систем управления технологическими процессами, защищенных от ошибок персонала. Предложена схема управления, основанная на расширенной событийной модели автоматизированного производства и включающая в себя модель «технологическая сеть», модель «технологические процессы» и модель регламентов — активные технологические сценарии. Последние в сочетании с событийными моделями предоставляют новые возможности автоматизации управления технологическим процессом: управление процедурой ведения процессов, автоматизированный контроль и управление деятельностью персонала, координация служб и технических работ на объекте, разграничение уровней управления путем персонализации интерфейсов.

*Светлой памяти
Ивери Варламовича Прангишвили посвящается*

ВВЕДЕНИЕ

Управление техническими объектами — научное направление и прикладная область деятельности — входило в круг интересов Ивери Варламовича Прангишвили и как ученого, и как директора Института проблем управления [1, 2] на протяжении всей его научной деятельности. Влияние человеческого фактора в управлении техническими объектами, особенно с потенциально опасной технологией, И. В. Прангишвили считал одним из важнейших аспектов в обеспечении безопасности функционирования этих объектов, а системный подход к разработке и равномерное распределение «управленческой нагрузки» залогом успешности автоматизации. В работе [3] отмечалось, что в сложившейся практике создания систем автоматизации технологическими процессами по всем уровням управления преобладает «лоскутный» подход, для которого характерна различная и зачастую не согласованная степень автоматизации отдельных участков и(или) функций технологии и производства, а принятие решений в экстремальных ситуациях возлагается на человека. В работах [4, 5] предложены

событийные модели автоматизированного производства и разработаны схемы управления технологическими процессами, в значительной степени повышающие уровень автоматизации управления технологическими процессами. И. В. Прангишвили живо интересовался эти работы, и по его предложению они были представлены от Института на выездном бюро ОЭММПУ РАН в октябре 2005 г. В развитие этих работ в настоящей статье формулируются принципы построения НЕР-систем (НЕР — human errors protected) — систем управления технологическими процессами, защищенными от ошибок персонала, и излагаются логические основы функционирования таких систем.

1. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ НЕР-СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

Ограничимся декларативным изложением принципов, поскольку объем статьи не позволяет привести необходимую аргументацию:

— принцип *максимально возможного уровня автоматизации* декларирует передачу функций управления ав-

томатически выполняемым алгоритмам (везде, где это возможно);

— принцип прогноза требует включения в контуры управления механизмов (инструментов) прогноза;

— принцип мониторинга на уровне макроситуаций требует обеспечения дружелюбности интерфейса на уровне процессов, а не отдельных приводов и параметров (модель процессов должна быть увязана как с параметрами, так и со структурой потоков);

— принцип профилирования требует определения на уровне проекта системы полномочий лиц, участвующих в процессе управления;

— принцип инициативного диалога предполагает контроль участия человека-оператора в управлении процессами (везде, где это возможно).

Принципы профилирования и инициативного диалога выдвинуты нами с целью разрешения основной коллизии традиционной схемы управления процессами, заключающейся 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, выступая инициатором и контролирующим звеном цепочки управления. Основным ограничительным инструментом служат предписания регламентов и должностные инструкции. В предлагаемых ниже моделях осуществляются формализация регламента и включение его модели в качестве главного супервизорного звена в схему управления. Наличие модели регламента дает возможность на уровне SCADA-системы включить исполняемое приложение, имитирующее действия оператора при выполнении регламента. Это позволило, с одной стороны, автоматизировать ряд функций, которые в традиционной схеме выполняет оператор; с другой стороны, ограничить роль персонала в рамках потребностей технологического процесса в конкретный момент. Другими словами, решение от персонала востребуется только тогда, когда это необходимо по технологии и в соответствии с рекомендациями нормативных документов. Регламентами и определяется роль человека в цепочке управления технологическим процессом в этот момент времени. Реализация предложенных принципов создает системотехнические предпосылки для защиты управления от ошибок персонала.

Принципиальная основа системы управления определяется схемой управления. Схема управления — это структура абстракций (объектов, агентов, субъектов) и правила их взаимодействия, обеспечивающая:

- сбор данных об объекте управления и среде;
- анализ (идентификацию) состояния и цели управления;
- определение рассогласования и траектории достижения цели;
- выработку управляющих воздействий и контроль за их осуществлением.

Собственно схема управления является основополагающим решением в концепции управления и определяет функциональность системы управления и во многом ее облик.

В качестве логической основы НЕР-систем управления процессами в работе предлагается схема управле-

ния, основанная на расширенной событийной модели автоматизированного производства. Расширение событийных моделей относительно работы [4] заключается во введении:

— нового компонента в событийных моделях — *схемы диалога*, определяющей порядок и ограничения на действия персонала при управлении технологическим процессом (ТП);

— моделей регламентов — активных сценариев, меняющих в корне схему управления, предложенную в работе [4].

Далее кратко излагается расширение событийной модели, но основное внимание сосредотачивается на новых компонентах и схеме управления.

2. МОДЕЛЬ ДИАЛОГА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ С ЧЕЛОВЕКОМ

Модель диалога устанавливает правила взаимодействия автоматизированной системы с оператором. Формально диалог задается в системе следующей структурой:

$$D = \langle Sh, t, P, Kl, r \rangle.$$

Схема *Sh* диалога определяет порядок взаимодействия пользователя с системой, описывая форму диалога, запросы и сообщения пользователю, а также возможные варианты реакции оператора по данной схеме. Схема диалога представлена набором $Sh = \langle F, Q, Ans, ans_0 \rangle$, где форма *F* диалога задает интерфейс вывода сообщений, *Q* — набор сообщений пользователю, выводимых в диалоге. Это могут быть инструкции для выполнения или команды, декларативные сообщения и запросы данных; *Ans* — правила, определяющие допустимые варианты ответа. Это может быть список возможных ответов $ans_1, ans_2, \dots, ans_n$ или пределы допустимых значений вводимой величины и прочие условия проверки достоверности ответа пользователя; *t* — время ожидания ответа оператора; ans_0 — переменная, определяющая значение результата диалога по умолчанию, как раз то, которое принимается автоматически, если оператор не успел дать ответ на запрос диалога за время *t*; *P* — структура, определяющая права реакции на диалог по группам пользователей системы. Именно с помощью этой структуры выполняется распределение видов диалогов и соответственно видов управления между персоналом с разными функциями. Модель диалога определяет также и выходные значения запросов, это: *Kl* — логическая переменная, формирующая статус диалога, $Kl = 0$ при запуске диалога и $Kl = 1$ при получении результата и закрытии диалога; *r* — переменная, принимающая значение результата диалога, например, варианта ответа персонала на запрос.

Для каждого случая обращения к оператору на фазе проекта модели управления должен быть сформирован диалог необходимого вида и формы. Диалог описывает текущую ситуацию, обозначает цель обращения и запрашивает реакцию человека. Формат диалога задается для каждого случая моделью диалога, которая определяет информативные сообщения оператору, инструкции к исполнению, варианты ответов, допустимое время реакции на запрос и ответ, принимаемый по умолчанию.



3. РАСШИРЕННАЯ СОБЫТИЙНАЯ МОДЕЛЬ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ И ПРОЦЕССОВ

Расширенная событийная модель технологического объекта управления и процессов включает в себя:

- модель TN «технологическая сеть» (ТС), которая в свою очередь состоит из моделей агрегатов A (арматуры, насосов, емкостей и т. д.) и модели материаловодов R (пассивных элементов — труб, проводов и т. д.);
- модели «технологические процессы» TP — технологически востребованные конфигурации (фрагменты технологической сети, установки, переделы и т. п.);
- модели регламентов TS — активные технологические сценарии.

Модель технологической сети определяет структуру производства и состоит из множества моделей агрегатов и продуктопроводов, она показывает, как соединены друг с другом агрегаты материальными потоками и позволяет проследить движение материала и изменение его свойств в производственном процессе. Технологическая сеть представляется ориентированным графом $TN = \langle A, R \rangle$, множество вершин которого $A = \{a_i | i \in I_A\}$ моделирует¹ различного рода оборудование производства, а множество дуг $R = \{r_{ij} | i, j \in I_A\}$ моделирует материалопроводы, соединяющие продуктовые входы и выходы агрегатов, i и j — индексы агрегатов, которые вызывает дуга.

Модели агрегатов (компоненты множества A) определяют поведение и свойства минимальных неделимых единиц технологической сети, которые изменяют параметры материала или свойства потока. Модель агрегата представляется набором $a = \langle H, Z, U, X, LCA, Q \rangle$, где H и Z — множества входов и выходов материальных потоков агрегата, U и X — команды на агрегат и индикация его состояний Y (взаимосвязь X и Y задается при определении модели конкретного агрегата). $LCA = \langle U, X, Y, \delta, \lambda, D \rangle$. Жизненный цикл агрегата описывается конечным автоматом, который определяет взаимосвязь между состояниями агрегата и условиями их смены. Функция переходов δ задает правила смены состояний агрегата из текущего положения y_i в новое y_{i+1} в зависимости от команды на него: $y_{i+1} = \delta(y_i, u_i)$. Функция выходов λ выражает значения информационных выходов через текущее состояние агрегата и команду, поданную на агрегат: $x_i = \lambda(y_i, u_i)$. Новым в модели агрегата является множество диалогов D , которое определяет способы взаимодействия человека с моделью агрегата. Каждый диалог задает сообщения персоналу и возможные варианты реакции. Диалоги, используемые в модели агрегатов: запрос положения агрегата, запрос визуальных параметров агрегата; инструкция по установке агрегата в требуемое положение, команда на ручное управление и подтверждение исполнения команды.

Модель TN такова, что, с одной стороны, реагирует на события-команды сменой состояния и генерацией соответствующих событий; с другой стороны, позволя-

ет, с помощью специальных процедур, исходя из текущего состояния сети: определить реализуемость того или иного процесса; вычислить требуемое управление на агрегат при его настройке; сформировать обязательное условие целостности процесса.

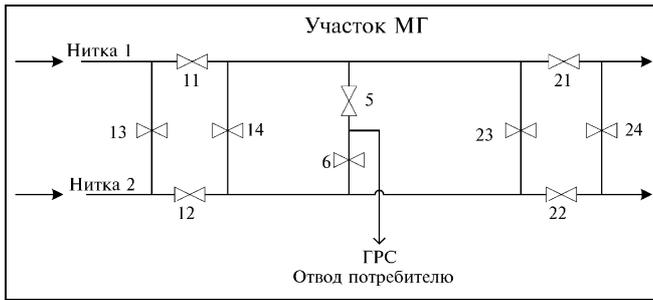
Модель технологического процесса TP в схеме управления предназначена для: представления в системе состояний реальных процессов и имитации их выполнения сменой состояний жизненного цикла модели; задания локальной технологической цели; определения индикаторов выполнения фаз жизненного цикла и условий целостности процесса, по которым осуществляется его мониторинг.

Формально модель представляется набором $TP_j = \langle A_j, R_j, CS_j, LCP, dest_j \rangle$, где A_j и R_j — подмножества агрегатов и материалопроводов, используемых в процессе TP_j , $dest_j$ — код функционального назначения ТП. Множество конфигураций ТП $CS_j = \{cs_s | s \in I_{cs}\}$, где каждая конфигурация определена следующим набором: $cs_s = \langle ms_s, m\phi_s, m\psi_s, lm_s \rangle$, здесь ms_s , $m\phi_s$, $m\psi_s$ — как и в работе [3], кортежи настроек агрегатов и функций реализуемости и готовности. Они определяют состав агрегатов процесса TP_j , используемых в конфигурации cs_s , последовательность их настройки на требуемое состояние, условия (по каждому агрегату) возможности его участия и готовность к работе в процессе. Кортеж настроек формируется при задании модели процесса TP_j на стадии определения его функционирования и когда становится понятно — какие и при каких условиях возможны конкретные конфигурации процесса. Кортежи настроек агрегатов удобно представлять в виде таблицы, в «шапке» столбцов которой указывать номера агрегатов, а в строках ниже для каждой конфигурации ТП — их состояния для соответствующей конфигурации.

Далее, lm_s — набор секвенций контроля режима. Для каждого режима процесса требованиями технологии определяются критические события, наступление которых идентифицируется определенными условиями, по обнаружению которых необходимо выполнить соответствующие действия по управлению ТП. Событийные модели процессов содержат наборы таких условий и действий по ним, которые задаются в секвенциальной форме: *условие* → *действие*. *Условием* является логическое выражение, аргументами которого могут быть параметры и уставки технологического процесса, состояния оборудования, фазы и состояния моделей ТП, а также накопленные знания о ходе технологического процесса. *Действиями* в секвенциях являются команды управления агрегатами, моделями процессов или персоналом. Набор секвенциальных записей, предписывающих контроль параметров процесса в определенном режиме, оформляется в частный лист мониторинга этого режима — ml_s .

На рис. 1 приведен пример газотранспортной сети на линейном участке (ЛУ) магистрального газопровода (МГ), в котором существуют следующие потоки целевого продукта: a_{11} , a_{21} — поток газа по нитке 1 магистрального газопровода, он обеспечивает технологический процесс основного транспорта газа; a_{12} , a_{22} — поток газа по нитке 2 МГ — выполняет аналогичную задачу по нитке 2 МГ; a_5 — поток газа на газораспределительную

¹ Здесь и далее, если A множество, то I_A — множество индексов его элементов.


Рис. 1. Линейный участок магистрального газопровода

станцию (ГРС) — обеспечивает технологический процесс отвода газа местному потребителю от нитки 1 МГ.

В табл. 1—3 показаны примеры кортежей настройки структуры технологических процессов: «ЛУ1 — транспорт газа по нитке 1 МГ», представленного на рис. 1 для двух конфигураций: cs_1 — конфигурация выключения нитки 1 магистрального газопровода из технологической сети и cs_2 — конфигурация подключения нитки 1 МГ к сети; аналогично — «ЛУ2 — транспорт газа по нитке 2 МГ», «Отвод — транспорт газа потребителю». Там же даны матрицы $M\Psi_1/M\Phi_1$, $M\Psi_2/M\Phi_2$ и $M\Psi_3/M\Phi_3$, которые определяют условия реализуемости и готовности к исполнению соответственно по каждому агрегату; β — признак занятости.

Требуемые в каждой конфигурации положения агрегатов в таблицах задаются именами состояний агрегатов, которые были определены в жизненных циклах моделей агрегатов. Здесь, например, y_1 обозначает закрытое положение крана, а y_3 — открытое. Для актуализации выбранной конфигурации необходимо, чтобы все агрегаты процесса были переведены в указанное состояние. Агрегаты, состояние которых указано не именем, а знаком «~», не требуется переводить в определенное положение, и допускается, чтобы они оставались в любом текущем состоянии.

В табл. 4 показан частный лист мониторинга процесса ЛУ1—1 для всех режимов, предназначенный для добавления в общий лист мониторинга. Реакции здесь представлены обозначениями сценариев, которые вызываются при наступлении условий. Например, действие «ТС14» обозначает вызов технологического сценария (ТС), который организует перераспределение потока газа на ЛУ1 между нитками по заданному давлению на входе и выходе участка; а действие d_{25} (ЛУ1—1) производит вызов диалога типа d_{25} со свойствами указанного процесса. В качестве аргументов логического выражения условий секвенций возможны следующие: параметры и уставки технологического процесса (пример: $t > t_{уст}$); состояния агрегатов (например, $y(a_6) = \text{открыт}$, $q(a_5) = \text{исправен}$); имена режимов ТП и статус процессов: (пример: $s(\text{ЛУ1—1}) = \text{активен}$); результаты диалогов с персоналом: (пример: $r(d_{25})$); статус какого-либо сценария — запущен или не используется; информационное событие, созданное системой при анализе ситуации (пример: пожар—ГРС).

В правой части секвенциального выражения могут быть действия таких типов: команды управления агрегатами (пример: $u^1(a_3)$); команды изменения режима процесса (пример: ЛУ1—2); команды запуска сценариев; вызов диалога с персоналом (информационное сообщение, директива и др.), см. табл. 4.

Таблица 1

Линейный участок 1 — транспорт газа по нитке 1 МГ (ТР1)

a	11	12	13	14	21	22	23	24	Режим
MS_1	y_1	y_3		y_1	y_3	y_1	y_3		Отключить
	y_3		~		y_3		~		Включить
$M\Phi_1$	$(P_{ЛУ1} < P_{уст}) \& \beta$		β	$P_{ЛУ1} < P_{уст}$		β			—
$M\Psi_1$	x_1	x_3		x_1	x_3	x_1	x_3		—
	x_3		—		x_3		—		—

Таблица 2

Линейный участок 2 — транспорт газа по нитке 2 МГ (ТР2)

a	11	12	13	14	21	22	23	24	Режим
MS_2	y_3	y_1	y_3	y_1	y_3	y_1	y_3		Отключить
	~	y_3		~		y_3		~	Включить
$M\Phi_2$	$(P_{ЛУ2} < P_{уст}) \& \beta$		β	$P_{ЛУ2} < P_{уст}$		β			—
$M\Psi_2$	x_3	x_1	x_3	x_1	x_3	x_1	x_3		—
	—	x_3		—		x_3		—	—

Таблица 3

Отвод — транспорт газа потребителю

a	11	12	5	6	Режим
MS_3	~		y_3	y_1	От нитки 1
	~		y_1	y_3	От нитки 2
$M\Phi_3$	$(P_{ЛУ1} > P_{уст}) \& \beta$		$P_{ЛУ2} > P_{уст}$		β
$M\Psi_3$	—		x_3	x_1	—
	—		x_1	x_3	—

Таблица 4

Лист мониторинга. Процесс «ЛУ1 — нитка 1»

Режим S	Условия	Действия
Табл. 1	$P_{\min} > P_{ЛУ1-11} > P_{\max}$ $P_{\min} > P_{ЛУ1-21} > P_{\max}$	ТС14(ЛУ1—1)
Табл. 1 и 2	$Q_{ГРС} > Q_{план1}$ Пожар — ГРС $t > t_{уст}$	d_{16} (ЛУ1—1) $ТС26$ (ЛУ1—1) d_{25} (ЛУ1—1)
Табл. 2	$P_{\min} > P_{ЛУ1-12} > P_{\max}$ $P_{\min} > P_{ЛУ1-22} > P_{\max}$	ТС14(ЛУ1—1) ТС14(ЛУ1—2)

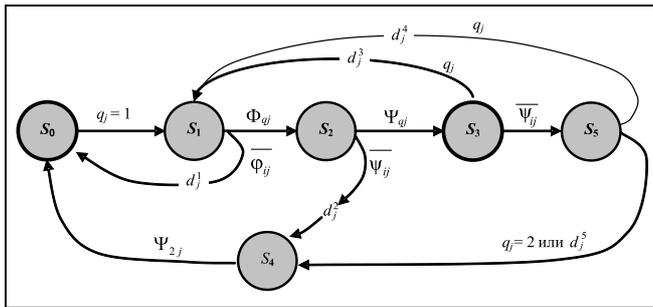


Рис. 2. Граф жизненного цикла процесса

В момент запуска процесса и активизации какого-либо режима соответствующие секвенции частного листа мониторинга добавляются в общий лист мониторинга. Общий лист мониторинга един для всех активных процессов списком условий возникновения критических событий и реакций на них. Он непрерывно просматривается при работе системы, и когда какое-либо условие становится истинным, то выполняется соответствующее действие (реакция), требующееся для данного процесса в этот момент. При остановке процесса секвенции контроля его режима удаляются из общего листа мониторинга, а при смене режима происходит замена секвенций.

Жизненный цикл LCP_j процесса TP_j (рис. 2) — это конечный автомат $LCP_j = \langle E_j, S_j, W_j, \delta_j, \lambda_j, s_0 \rangle$, состояния которого $S_j = \{s_i | i \in I_{S_j}\}$ представляют собой шаги (фазы) выполнения технологического процесса: состояние «невостребованности» (s_0); фаза проверки реализуемости процесса, исходя из текущего состояния TN (s_1); фаза настройки оборудования (агрегатов) на выполнения TP_j (s_2); выполнение процесса TP_j с заданной структурой и параметрами (s_3); выполнение с отклонениями (реконфигурация) (s_4), аварийное завершение, нормальное завершение (s_5); это типичные фазы жизни технологических процессов. Через $E_j = \{e_k | k \in I_{E_j}\}$ обозначено множество входных символов — входных событий, управляющих переходами в жизненном цикле LCP_j . Основные из них: событие запуска (это или условие автоматического запуска или команда запуска); проверка потенциальной готовности из текущего состояния TN выполнить процесс $TP_j - e_i ::= (\Phi_j = 1)$; событие активности $TP_j - e_q ::= (\Psi_j = 1)$, подтверждающее факт настройки состояния TN на выполнение процесса TP_j ; событие отклонения от норм ведения процесса $e_r ::= (\Psi_j = 0)$ — срабатывание «поточных» блокировок; событие гашения (утилизации) процесса. Далее $W_j = \{w_i | i \in I_{W_j}\}$ — множество выходных символов — событий, порождаемых процессом как структурной единицей, характеризующей состояние TN : команды запуска дополнительных процессов; сообщения о реконфигурации структуры

процесса TP_j в виде имен диалогов; запросы к оперативному персоналу, тоже как вызов диалога; сообщения в архив; срабатывание «поточных» защит.

Функции δ_j и λ_j задают взаимосвязь входных событий, состояний и выходов.

Диалоги, используемые в модели процесса:

— в листе мониторинга, для информирования об изменении режима процесса, отработке технологической и аварийной защит;

— в таблице МФ для запроса состояния неавтоматизированных агрегатов, установок, параметров процесса и проверки условий запуска режима процесса.

4. АКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СЦЕНАРИИ

Целенаправленное функционирование производства определяется текущими планами и обеспечивается выполнением регламентов. Регламенты определяют последовательность запуска/гашения процессов, условия мониторинга и изменения режимов процессов, в зависимости от сложившихся ситуаций и(или) изменения целей. Последовательные операции естественно моделируются взвешенными ориентированными графами, а их интерпретация может заменить действия оперативного персонала, если эти действия однозначно определены.

Для этого в состав событийных моделей включены TS — активные технологические сценарии (АТС) — диаграммы, представляющие планы достижения конкретных технологических целей в виде совокупности этапов, порядка и условия их выполнения.

Формально АТС представляется набором: $TS = \langle STR, INST, LCS, ml \rangle$, где STR — структура алгоритма исполнения сценария или последовательность выполнения команд и операций. Структура сценария задается графом переходов (вершины соответствуют инструкциям, а ребра отражают последовательность исполнения), или табличным способом, при котором последовательность интерпретации строк таблицы определяется номерами в специальном поле, либо в виде мнемонической записи функции следования инструкций и условий перехода между ними. Структура технологического сценария, заданная в виде графа, представлена на рис. 3.

Имеется несколько типов 1–6 вершин графа. Основная вершина, в который указываются действия и команды, имеет вид прямоугольника (рис. 4). Так обозначается позиция или один шаг сценария. Позиция может иметь предусловие исполнения и постусловие. Предусловие означает, что действия этой позиции могут быть выполнены только после того, как это условие станет истинным. Здесь применяется секвенциальная форма задания условий: «если <условие> то <команда>», где <условие> — логическое выражение, аргументами которого могут быть параметры и (или) уставки ТП, состояния оборудования, фазы и состояния моделей ТП, а также накопленные знания о ходе ТП. Таким образом, позиция — это набор команд управления ТП, не имеющих собственных отдельных условий выполнения и завершения. В их числе могут быть команды управления

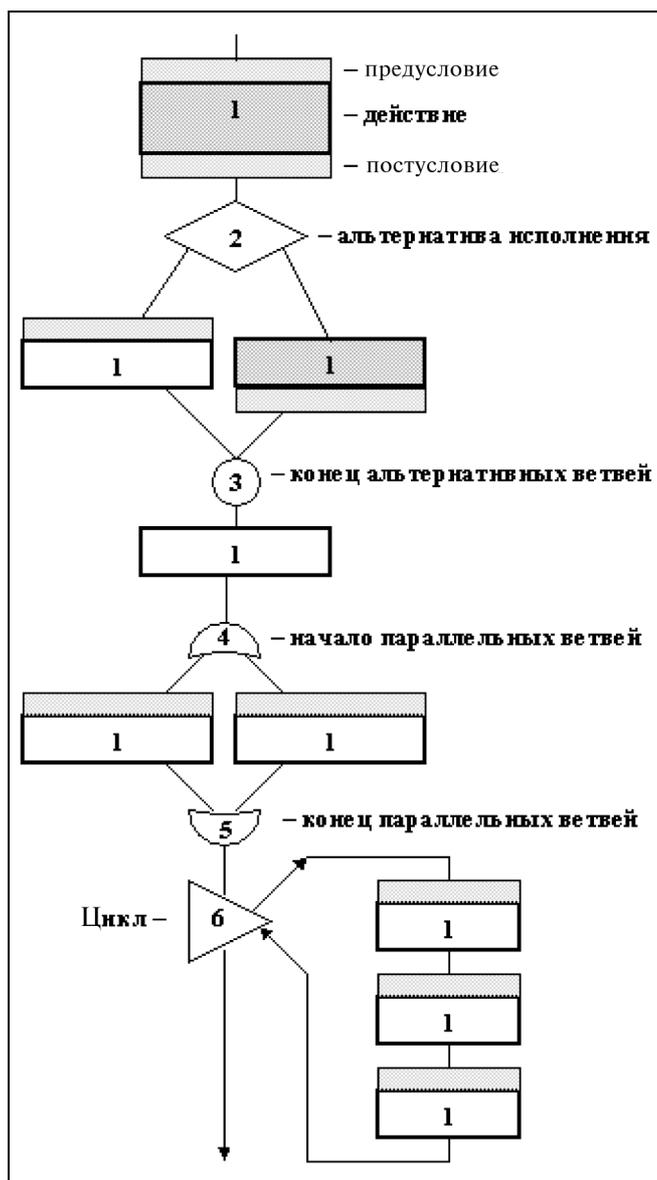


Рис. 3. Структура технологического сценария

положением исполнительного оборудования, команды реконфигурации модели ТП, команды вызова другого ТС на исполнение, руководящие инструкции персоналу о ручном управлении или организационных мероприятиях. Если в позиции есть хотя бы одна инструкция персоналу по воздействию на ТП, то такая позиция отмечена розовым цветом. А если инструкция в ней требует подтверждения исполнения, то такая позиция имеет в постусловии вызов диалогового окна с пользователем о подтверждении действия. Фактически все ручные операции требуется подтвердить, чтобы указать системе, что они были выполнены, если только инструкция носит обязательный характер, а не рекомендательный. Поэтому инструкции персоналу (розовые позиции) чаще всего содержат постусловие.

Если в какой-либо позиции сценария присутствует команда реконфигурации процесса в тот режим, который уже активен, то такая команда игнорируется.

Вершина графа в виде ромба обозначает альтернативное ветвление (рис. 5). Путь выполнения графа может пройти только по одной из альтернативных ветвей. Слияние альтернативных ветвей обозначается кругом. Вершина графа в виде шляпки гриба указывает на начало параллельных ветвей графа, команды этих ветвей выполняются одновременно и независимо (рис. 6). Вершина графа в виде чаши завершает параллельные ветви. Вершина графа в виде треугольника начинает и завершает цикл позиций (рис. 7).

Через *INST* обозначен набор типов инструкций и команд, используемых в сценарии. В моделях технологических регламентов, задаваемых ТС, в контексте системы управления, реализованной на основе событийных моделей агрегатов и процессов, можно выделить следующие виды действий в вершинах.

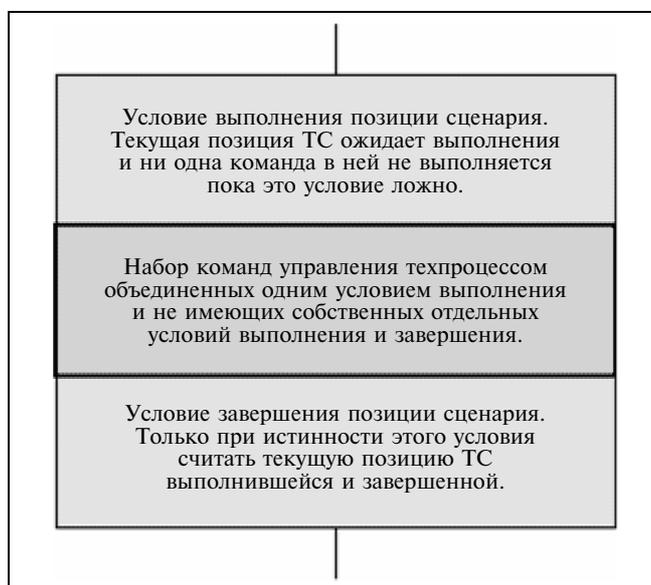


Рис. 4. Позиция действия

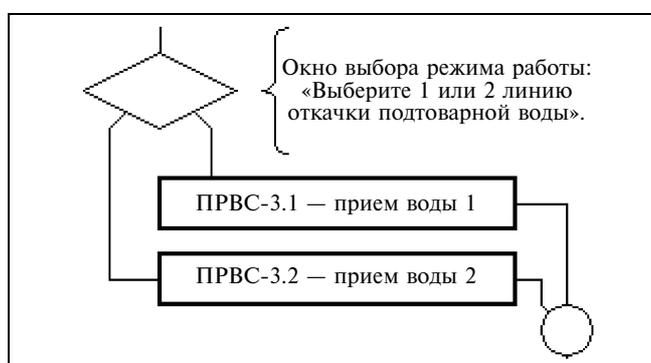


Рис. 5. Позиция выбора

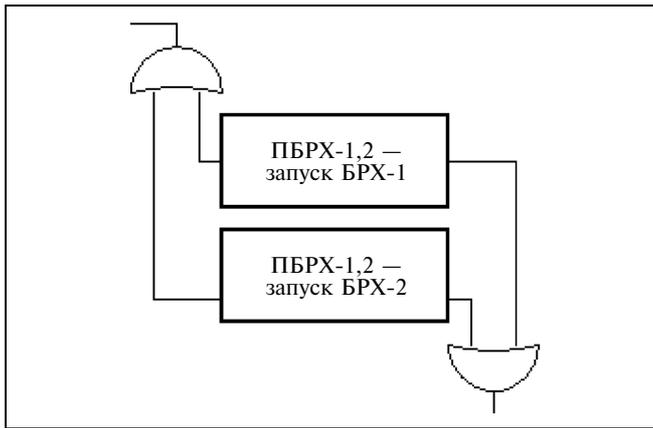


Рис. 6. Параллельные ветви

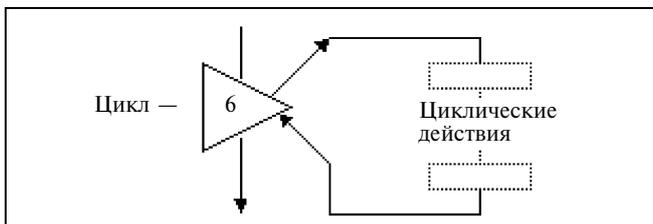


Рис. 7. Позиция «цикл»

- Команды управления агрегатами и контроля состояния, такие как:
 - сменить состояние агрегата: $y(a_i) = 3$ или a_i^3 ;
 - опросить положение агрегата $y(a_i)$.
- Команды управления моделями технологических процессов:
 - запустить процесс в указанной конфигурации (режиме); пример: ЛУ1—2 — установить процесс ЛУ1—1 в режим 2; если процесс пассивен в данный момент, то он запускается;
 - перевести процесс в определенный режим; пример: ЛУ1—2 — если процесс активен, то он изменяет свой режим на режим 2;
 - завершить процесс: *StopPr(ЛУ1—1)*.
- Команды манипулирования технологическими сценариями:
 - запуск сценария, пример: *ТС5* — без операндов, *ТС14(ЛУ1—1)* — запуск сценария обслуживания процесса ЛУ1—1;
 - приостанов сценария: *Pause*;
 - останов сценария: *End*.
- Диалоги с оператором:
 - запрос на подтверждение или ввод данных о событии, квитирование сообщений и автоматических команд;
 - запрос значения параметра; пример диалога — сообщение: «Введите значение уставки», поле ввода, действия: «ОК», «Отменить»;

- запрос выбора варианта управления, таких как: выбор конфигурации процесса, выбор направления исполнения сценария, выбор параметров для мониторинга; пример диалога — сообщение: «Участок ЛУ1—1 был отключен, для сохранения производительности требуется перераспределить нагрузку на дополнительную нитку МГ. Выберите нитку МГ: а) нитка 2; б) нитка 3;», действия: выбор позиции, «ОК», «Отменить»;
- запрос имени дополнительного сценария на исполнение: сообщение «Выберите сценарий для выполнения», перечень сценариев, действия «Выбрать», «Отменить»;
- запрос имени процесса для конфигурации структуры технологической сети: Сообщение «Требуется запустить насосы внешней откачки. Выберите из перечня: список насосов, «Выбрать», «Отменить»;
- координирование техническими работами: инструкции оператору по обеспечению ТП, наряд-заказы на работы по обслуживанию ТП, координация нескольких служб для выполнения одной задачи. Пример — Сообщение: «Произвести ремонт насоса НВО-2», действия: «Сформировать наряд», «Отложить», «Отменить».
- комплексное управление процессами: запуск-останов процесса, выбор конфигурации, выбор параметров для мониторинга

На рис. 8 приведен пример структуры сценария, формирующей одновременное выполнение нескольких последовательностей команд управления технологическим объектом управления (ТОУ). Здесь показаны три параллельных ветви: *A*, *B* и *C*. В ветви *A* устанавливаются режимы заполнения для нефтегазовых сепараторов (НГС) первой ступени и дается инструкция персоналу произвести неавтоматизированное действие, эта позиция считается выполненной после выполнения условия, требующего подтверждения ручной операции от оператора процесса. Одновременно, в ветвях *B* и *C* устанавливается режим запуска блока реагентного хозяйства (БРХ) на подачу деэмульгатора в поток нефти на входах сепараторов первой ступени.

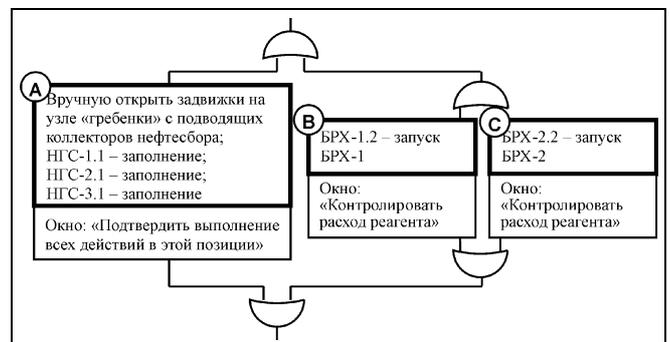


Рис. 8. Пример использования диалогов в технологическом сценарии

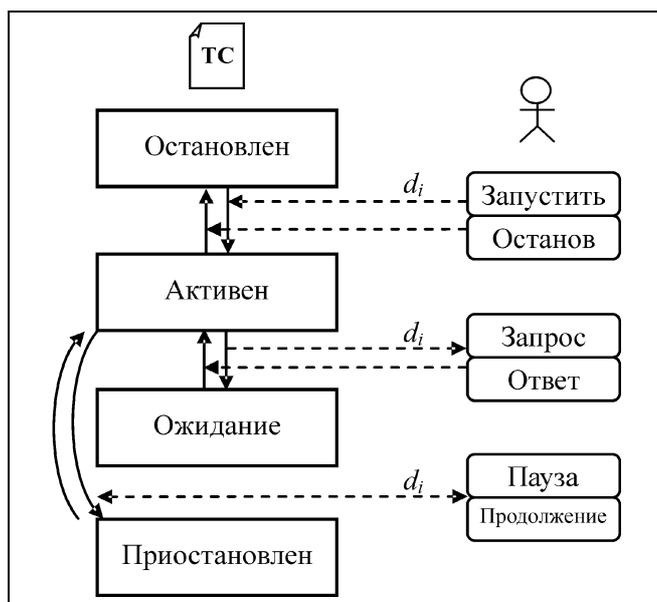


Рис. 9. Диаграмма жизненного цикла технологического сценария

Позиция, предписывающая действия для выполнения ручной операции, вызывает инструктирующий диалог с персоналом, таким образом, устанавливая исполнительную роль человека в этот момент. По результату действия предписывающей позиции, которая требует ручного воздействия на ТП, вызывается диалог для контроля исполнения ручных операций (запрос на факт события), в этом случае человек выступает в роли инициатора события. Диалоги этого уровня полномочий выдаются оператору процесса. Запросы, касающиеся изменения технологии, и стратегические мероприятия по выбору направления развития процесса требуют решения технолога объекта.

Для решения определенной задачи управления объектом при выполнении технологического сценария возникает необходимость контролировать параметры процесса или ожидать какого-либо события. Условия наступления заданных событий и реакции на них оформляются в виде секвенциальных записей таких же, которые используются для контроля режима процесса (см. § 3). В позициях сценария в специальном формате записывается команда включения условия идентификации события (секвенции) в лист мониторинга: *AddSq* (<Логическое условие> → <Действие>). В виде секвенциальных записей в листе мониторинга формируются технологические и аварийные защиты, блокировки, сигнализации и т. п. По завершению работы сценария либо при изменении задач контроля и управления некоторые условия могут быть отменены, тогда для удаления из листа мониторинга соответствующих секвенций в позиции сценария должна помещаться следующая команда: *DelSq* (<Логическое условие> → <Действие>). Жизненный цикл *CLS* технологического сценария определяется перечнем состояний и правилами их смены и описывается диаграммой (рис. 9).

В состоянии «остановлен» сценарий не востребован системой управления, и он не выполняется. Для оператора сценарий в этом состоянии находится в списке пассивных сценариев. По команде оператора или по инструкции из другого активного сценария, пассивный сценарий может быть вызван на выполнение. В этом случае он переходит в состояние «Активен» и перемещается в список активных сценариев. Происходит последовательная интерпретация позиций сценария, исполнение команд и инструкций. Если в какой-либо позиции присутствует инструкция оператору с подтверждением выполнения или запрос выбора управления, то при выполнении этой позиции сценарий переходит в состояние «Ожидание» и находится в нем, пока не поступит ответ оператора. Если при выполнении нескольких параллельных ветвей сценария в одной из них выполняется безвременный запрос оператору, то только эта ветвь находится в состоянии ожидания, а сценарий продолжает выполняться по остальным. Тем не менее, оператор уведомляется о приостановке хода части сценария с целью ожидания ответа. Выполнение сценария может быть приостановлено по команде оператора или по инструкции из другого сценария. В этом состоянии инициированные сценарием процессы продолжают работу в текущих режимах и остаются под контролем системы автоматизации, новые позиции сценария не интерпретируются и не исполняются. В состоянии «Остановлен» сценарий переводится, когда все его позиции выполнены и цель управления достигнута, либо по команде оператора.

Технологический сценарий предназначен для решения определенной задачи управления объектом. Для каждой задачи создается свой сценарий достижения цели, который на уровне управления заранее описанными моделями процессов и установок шаг за шагом формирует требуемую структуру и режим работы производственного объекта. Сценарий настраивает необходимые режимы работы процессов и установок, руководит техническим персоналом для выполнения неавтоматизированных действий, подсказывает оператору о развитии ситуации при выборе им альтернативных команд. Технологию производства предоставляется множество сценариев, соответствующих различным технологическим задачам. Из этого множества выбирается актуальный в данной ситуации сценарий и запускается на исполнение.

5. СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ РАСШИРЕННЫХ СОБЫТИЙНЫХ МОДЕЛЕЙ

Вначале определим основу схемы управления — функционирование событийных моделей.

В конкретный момент времени t имеет место разбиение технологического процесса TP на подмножество активных SAP_t и пассивных SPP_t процессов. Подмножество SAP_t формируется по следующему правилу:

$$\forall j : TP_j \in SAP_t \Rightarrow STP_t(TP_j) \neq s_{j0}.$$

Функция (процедура) $SAP_t(TP_j)$, определенная на элементах множества TP , значение которой равно состоянию жизненного цикла процесса TP_j в момент вре-

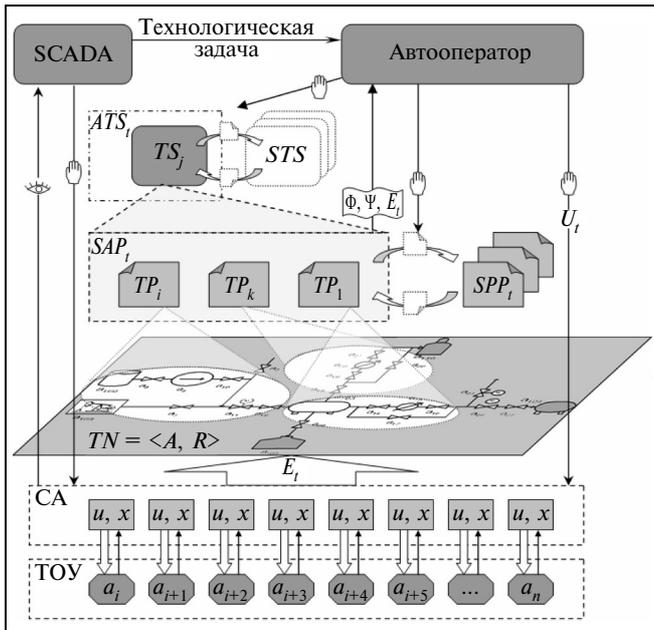


Рис. 10. Состав и структура событийной модели

мени t . Состав событийной модели EM и взаимосвязь по информации ее компонентов в общем виде представлены на рис. 10.

Функционирование событийной модели EM определяется в дискретные моменты времени $t = 1, 2, 3, \dots$, которые, по сути, являются номерами интервалов $\tau_0, \tau_1, \tau_2, \dots$ реального времени, причем таких, что внутри каждого интервала τ_t функция SAP_t не меняется. В каждый момент времени t в модель поступают события, отражающие команды U_t , состояния (положения) X_t агрегатов и параметры P_t потоков; и имеет место множество событий $E_t = \{e_k | k \in I_{E_t}\}$, поставляемое реальными агрегатами, компонентами системы автоматизации (СА) и оперативным персоналом (здесь в множество E_t для краткости включены все события, используемые в модели).

Состояние автоматизированного производства в моменты времени t — это совокупность состояния технологической сети и множества активных технологических сценариев: $SAM_t = \langle STN_t, ATS_t \rangle$.

Состояние технологической сети в момент времени t — это кортеж состояний всех агрегатов сети $STN_t = \langle y_{ji}, Q_j | j \in I_A \rangle$, где $y_{ji} = STA_t(a_j)$ — состояние, в котором пребывает агрегат a_j в момент времени t (определяется через функцию — процедуру $STA_t(a_j)$, заданную на множестве агрегатов), а Q_j — соответственно, признаки статуса агрегата a_j .

Множество всех сценариев автоматизированного производства в момент времени t разбивается на подмножество активных сценариев — находящихся в

использовании и на подмножество пассивных: $TS_t = \langle ATS_t, PTS_t \rangle$.

В каждый момент времени t сценарии могут запускаться или завершаться, поэтому множество активных сценариев меняется. Таким образом, состояние автоматизированного производства определяется не только положением агрегатов и технологических процессов производства, но и текущими производственными целями, представленными активными технологическими процессами.

Функционирование событийной модели производства EM заключается в преобразованиях:

$$STN_t \times E_t \rightarrow STN_{t+1},$$

$$SAP_t \times E_t \rightarrow SAP_{t+1},$$

$$SPP_t \times E_t \rightarrow SPP_{t+1},$$

$$ATS_t \times E_t \rightarrow ATS_{t+1},$$

$$PTS_t \times E_t \rightarrow PTS_{t+1},$$

$$E_t \times STN_t \times SAP_t \times SPP_t \times ATS_t \times PTS_t \rightarrow E_{t+1}.$$

Эти преобразования выполняются циклически, на основе потока событий E_0, E_1, E_2, \dots , по следующим правилам.

Правило 1 в исполнительной части для каждого агрегата a_i построчно определяет:

- вычисление переходов в жизненном цикле LCA_i ;
- формирование нового кортежа состояния STN_{t+1} ;
- формирование новых событий по a_i и их накопление по всем TN .

Формально:

$$\Delta E_t = \emptyset; \forall i: a_i \in A \Rightarrow \begin{cases} STA_{t+1}(a_i) = \delta_i(STA_t(a_i), E_t); \\ STA_{t+1}(a_i) \mapsto STN_{t+1}; \\ \Delta E_t = \Delta E_t \cup \{\lambda_i(STA_t(a_i), E_t)\}. \end{cases}$$

По завершению вычислений по правилу 1 необходимо произвести коррекцию множества текущих событий $E_t = E_t \cup \Delta E_t$. На рис. 10 вычисления переходов и новых состояний агрегатов соответствуют слою TN .

Правило 2 определяет коррекцию множеств SAP_t . В исполнительной части для SAP_t построчно для каждого TP_j выполняется:

- вычисление переходов в жизненном цикле LCP_j ;
- включение TP_j в SAP_{t+1} или SPP_t (в зависимости от состояния);
- вычисление и аккумуляция в множество E'_t новых событий по процессам.

Формально:

$$E'_t = \emptyset; \forall j: TP_j \in SAP_t \Rightarrow \begin{cases} STP_{t+1}(TP_j) = \delta_j(STP_t(TP_j), E_t); \\ \{:(STP_{t+1}(TP_j) = s_{j0}) \Rightarrow (TP_j \mapsto SPP_t)\}; \\ \{:(STP_{t+1}(TP_j) \neq s_{j0}) \Rightarrow (TP_j \mapsto SAP_t)\}; \\ E'_t = E'_t \cup \lambda_j(STP_t(TP_j), E_t) \end{cases}$$

(выражение $\{A \Rightarrow B\}$ следует читать: если A то B , иначе следующая строка).

Правило 3 в исполнительной части определяет аналогичные операции для каждого TP_k и по коррекции SPP_t аккумулирует новые события в множество E_t'' .

Формально:

$$E_t'' = \emptyset; \forall k : TP_k \in SPP_t \Rightarrow \begin{cases} STP_{t+1}(TP_k) = \delta_k(STP_t(TP_k), E_t); \\ \{:(STP_{t+1}(TP_k) = s_{k0}) \Rightarrow (TP_k \mapsto SPP_{t+1})\}; \\ \{:(STP_{t+1}(TP_k) \neq s_{j0}) \Rightarrow (TP_k \mapsto SAP_{t+1})\}; \\ E_t'' = E_t' \cup \lambda_{jk}(STP_t(TP_k), E_t). \end{cases}$$

Вычисления жизненных циклов процессов и переводы моделей $SAP_t \Leftrightarrow SPP_t$ на рис. 10 представлено штриховой линией.

Правило 4 определяет коррекцию множества активных сценариев ATS :

$$\begin{cases} \{ : S(TS_j) = 1 \rightarrow TS_j \in ATS_{t+1} \}; \\ \{ : S(TS_j) = 0 \rightarrow TS_j \in PTS_{t+1} \}. \end{cases}$$

Правило 5 определяет смену позиции сценария при его исполнении:

$$E_t''' = \emptyset;$$

$p_{t+1} = STR(p_t, E_t''')$, где p — позиция сценария, и формирование событий в новой позиции:

$U(ATSt_{t+1}) \rightarrow E_t'''$, где U — инструкции и команды в позициях сценария.

Правило 6 определяет коррекцию множества текущих событий по накопленным реакциям компонентов модели:

$$E_t = E_t \times E_t' \times E_t'' \times E_t'''.$$

При изменении статуса процесса (при перемещении $TP_j(TP_k)$ из SAP_t в SPP_t и наоборот) для каждого $a_{jk} \in TP_j$ переопределяется признак β занятости агрегата. А именно, при активизации процесса, когда $TP_j \in SAP_t$ агрегат принимает статус «занят» $\beta(a_{jk}) = 1$, и наоборот, при гашении процесса $TP_j \in SPP_t$ статус агрегата становится «свободен» $\beta(a_{jk}) = 0$. При выполнении Правила 1 переопределяются также остальные признаки из набора Q_t . Исполнение правил и организацию взаимодействия между описанными моделями осуществляет специальный программный блок «Автооператор», в котором по потоку событий восстанавливается вся картина в модели и выполняется диалог через человеко-машинный интерфейс с персоналом.

Таким образом, функционирование событийной модели EM структуры и процессов со стороны стороннего наблюдателя это: поток событий $E_0, E_1, E_2, \dots, E_t \rightarrow \infty$, последовательность $SAT_0, SAT_1, \dots, SAT_t$ отличающихся друг от друга множеств активных процессов, последовательность множеств $STN_0, STN_1, \dots, STN_t$ состояний агрегатов сети и последовательность множеств активных

сценариев $ATS_0, ATS_1, \dots, ATS_t$ формирующая достижение технологической цели.

Для иллюстрации функционирования EM рассмотрим событийное моделирование на фрагменте технологической сети (см. рис. 1).

Все агрегаты исправны, и сформированы потоки транспорта газа по обем ниткам газопровода: $SAP_t = \{TP_1, TP_2, TP_3\}$; $SPP_t = \emptyset$. Оператор контролирует это средствами НМІ. Положим, возникла чрезвычайная ситуация на линейном участке газопровода, при которой необходимо закрыть нитку 1 МГ, оператор принимает решение активизировать для достижения этой цели технологический сценарий и дает команду TS_1 . Сценарий автоматически выполняет проверку возможности достижения заданной цели и инструктирует оператора о последовательности организационных мероприятий. В позициях по автоматизированному управлению процессами сценария выполняется команда сформировать TP_1 — поток r_1 : $a_{13}, a_{12}, a_{22}, a_{24}$. Автооператор по матрице $M\Phi_1$ вычисляет $\Phi_1 = (P_{11} < P_{уст})(P_{21} < P_{уст})$, где $P_{уст}$ — значение уставки, — функцию реализуемости данного потока (процесса). Поскольку все агрегаты и другие процессы допускают поток r_1 , то $\Phi_1 = 1$ и модель EM представляет оператору (если $\Phi_1 = 0$, то запуск недопустим, оператор оповещается); жизненный цикл LCP_1 пребывает в состоянии s_2 ; процесс запуска продолжается (автоматически либо оператором, если привод не автоматизирован или требуется дистанционное управление). По завершению настройки модели всех агрегатов перейдут в состояния, заданные в матрице MS_1 , события об этом поступают из слоя TN (см. рис. 10) в слой $SAP_t \Leftrightarrow SPP_t$, вследствие чего $\Psi_t = x_{11}^1 x_{12}^3 x_{13}^3 x_{14}^1 x_{21}^1 x_{21}^3 x_{23}^1 x_{24}^3$ станет равной 1 и LCP_1 перейдет в состояние s_3 , далее автооператор переведет процесс TP_1 из множества активных SAP процессов в множество пассивных SPP и через человеко-машинный интерфейс оператор получит соответствующую информацию о макросостоянии: $[SAP_{t+1} = \{TP_2, TP_3\}$; $SPP_{t+1} = \{TP_1\}]$, что соответствует настройке ТОУ на выполнение задания. Состояние процесса $s(TP_1) = 1$ соответствует пассивному, а $s(TP_1) = 2$ — активному. Последовательность изменения состояний событийных моделей выглядит так:

$SAP_t = \{TP_1, TP_2, TP_3\}$; $SPP_t = \emptyset$ — исходное состояние сети;

p_k : $U(TP_1) = 1$; — команда смены конфигурации процесса TP_1 в k -й позиции сценария;

p_{k+1} : $U(TP_3) = 2$; — смена конфигурации процесса TP_2 — переключение на нитку 2;

$SAP_{t+1} = \{TP_2, TP_3\}$; $SPP_{t+1} = \{TP_1\}$ — результирующее состояние сети.

Описанная модель EM содержит информацию, необходимую оператору для анализа состояния структуры ТОУ и принятия решений при запуске, мониторинге и гашении процессов, и все данные, используемые в жиз-



ненных циклах моделей процессов при их выполнении. Более того, предложенная модель может быть использована для моделирования процессов ремонта и обслуживания оборудования и для учета работы не автоматизированного оборудования, поскольку она фиксирует работу персонала. Таким образом, использование событийного моделирования делает АСУТП прозрачной для смежных систем управления производством.

Формализация представления структуры ТОУ и динамики ее преобразования в виде описанных событийных моделей позволило разработать механизмы управления процессами как потоком технологических работ. Поскольку эти механизмы, по сути, заменяют (имитируют работу) оператора при управлении конфигурацией ТОУ для простоты изложения будем считать, что они реализуются автооператором.

При запуске конкретного технологического процесса автооператор в событийной модели ТОУ активизирует экземпляр объекта модели процесса, который является моделью реального ТП. Атрибуты модели ТП — структура, состояния жизненного цикла, параметры потока, состояние функций защит и автоматического регулирования — отражают все, что происходит в реальном ТП во всех фазах его жизненного цикла (проверка реализуемости, запуск, работа в заданном режиме, разборка и т. д.).

Активизация Реальный процесс активизируется путем пошаговой настройки всех его агрегатов на состояния, определенные в модели ТП и формируемые в соответствии с отклонением текущего состояния технологической сети от требований ТП. Процедуры настройки агрегатов по данным анализа технологической сети выполняются автооператором.

Поведение автооператора определено так, что вся функциональность АСУТП 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 сценарии. Схема комплексного управления процессами в АСУТП представляется в виде циклической процедуры.

Обозначим основные фрагменты схемы управления процессами по событийной модели именами соответствующих процедур [1]. Процесс TP_j будем называть независимым, если при его запуске, гашении или реконфигурировании не требуются изменения в настройке какого-либо другого процесса. Процедуру запуска независимого процесса TP_j обозначим $AP(TP_j)$, а процедуру его гашения $CP(TP_j)$. Активный процесс по событию или команде может быть реконфигурирован процедурой $RAP(TP_j, k)$. Для управления процессом, присоединяемым по потоку к активному, предусмотрены: процедура $AAP(TP_j, TP_k)$ подключения и процедура $SAP(TP_j, TP_k)$ отключения присоединяемого процесса.

С учетом обозначенных процедур определим схему управления в виде циклического процесса.

1. Работает СА — система автоматики нижнего уровня: структура потоков определена активными процессами SAP_j ; потоки функционируют под управлением регуляторов, защит и блокировок. Формируется E_t — множество актуальных событий.

2. Вычисляется состояние EM ; анализируется множество E_p , анализируются состояния активных сценариев, активных и пассивных процессов, если коррекции множеств активных и пассивных сценариев и процессов SAP_i и SPP_i не требуется то п. 1, иначе п. 3.

3. Вычисляется отклонение текущего состояния структуры от требуемого, определяется тип коррекции и выполняется один из вариантов: отработка очередного шага активного сценария; запуск нового сценария; запуск независимого процесса $AP(TP_j)$; гашение независимого процесса $CP(TP_j)$; запуск присоединяемого процесса $AAP(TP_j, TP_k)$; гашение присоединенного процесса $SAP(TP_j, TP_k)$; реконфигурирование активного процесса $RAP(TP_j, k)$. Обновить состояния активных сценариев, множества активных и пассивных процессов (SAP_i и SPP_i); перейти на п. 1.

Как видно, схема управления процессами основана на интерпретации технологического сценария и исполнении команд (предусмотренных в фазе) запуска и/или гашения технологических процессов. При этом активные технологические сценарии используются как программы достижения технологических целей производства.

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.

Для автоматизации управления структурой и режимами технологического объекта управления используется совокупность событийных моделей (СМ) агрегатов, технологических процессов и технологической сети [4] и дополненная в настоящей работе моделями диалогов и активных технологических сценариев.

Такое решение позволяет переложить ряд функций управления с человека на автоматизированную систему (рис. 11).

Благодаря свойствам событийных моделей для НЕР-систем удалось построить схему управления процессами, обладающую следующими свойствами:

- интерпретация фаз технологического сценария;
- исполнение команд (предусмотренных в фазе) запуска и (или) гашения технологических процессов;
- обследование текущего состояния структуры технологической сети по ее логической модели;

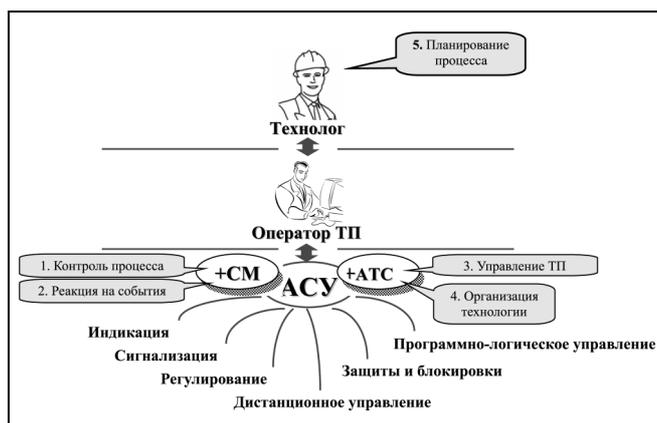


Рис. 11. Дополнительные средства автоматизации функций человека

- использование в механизмах управления структурой процессов принципа управления с обратной связью по отклонению текущего состояния структуры от требуемого;
- разделение ролей персонала, участвующего в управлении процессом, по уровню принятия решений, руководству выбором варианта управления, координации различных исполнителей и контроль исполнения заданий.

Механизмы контроля и ограничения действий персонала в НЕР-системе предусматривают несколько типов диалога с персоналом, которые определяют его роль при управлении в каждый момент. Диалоги соответствуют уровням принятия решений и позволяют адресовать запросы по полномочиям.

Активные технологические сценарии используются как программы достижения технологических целей про-

изводства и инициируют диалог с персоналом только тогда, когда это необходимо по технологии, и в соответствии с рекомендациями нормативных документов. Таким образом, схемы диалога, встроенные в сценарии, модели процессов и агрегатов и определяют роль человека в цепочке управления технологическим процессом в момент их вызова.

Распределение функций управления между персоналом под руководством активных сценариев позволяет повысить эффективность управления и безопасность ведения процессов благодаря ограничению участия человека в контуре управления в рамках только тех действий, которые от него ожидаются в конкретной ситуации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Прангшвили И. В., Амбарцумян А. А. Научные основы построения АСУТП сложными энергетическими системами. — М.: Наука, 1992.
2. Прангшвили И. В., Амбарцумян А. А. Основы построения АСУ сложными технологическими процессами. — М.: Энергоатомиздат, 1994.
3. Анализ состояния и предложения по повышению уровня автоматизации энергетических объектов / И. В. Прангшвили, А. А. Амбарцумян, А. Г. Полетыкин и др. // Проблемы управления. — 2003. — № 2. — С. 11—16.
4. Амбарцумян А. А., Казанский Д. Л. Управление технологическими процессами на основе событийной модели. Ч. I и II // Автоматика и телемеханика.— 2001. — № 10, 11.
5. Амбарцумян А. А., Потехин А. И. Разработка механизмов управления объектами с поточной технологией на основе событийных моделей каналов // Там же. — 2003. — № 4.

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

Статья представлена к публикации членом редколлегии В. Д. Малюгиным. □



VII МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ "ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ"

В рамках конференции будет проходить Международная молодежная научно-техническая конференция «Интеллектуальные системы в науке, технике, образовании, бизнесе», по результатам которой будут отбираться участники программы "У.М.Н.И.К.".

Россия, Черноморское побережье, Геленджик-Дивноморское,
3—9 сентября 2007 г.

Тематика конференции

- биоинформатика;
- интеллектуальные САПР, CASE-, CALS-технологии;
- интеллектуальные системы в менеджменте;
- информационная безопасность;
- знания;
- когнитивное моделирование;
- многоагентные системы и принятие решений;
- мягкие вычисления и нечеткие модели;
- нейрокompьютеры;
- перспективные информационные технологии;
- прикладные интеллектуальные системы;
- проблемы образования;
- синергетика и моделирование сложных систем;
- эволюционное моделирование, генетические и квантовые алгоритмы;
- экспертные системы.

Организаторы конференции

Министерство образования и науки РФ; Российская академия наук; Российская академия естественных наук; Академия инженерных наук имени А. М. Прохорова; Южный федеральный университет; Технологический институт ЮФУ; Администрация г. Таганрога; Российская ассоциация искусственного интеллекта.

Продолжение см. на стр. 53.

Более подробную информацию можно найти на сайте конференции <http://ica1.tsure.ru>