

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

99-104

P10-99-104

В.Н.Самойлов

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ
И СИСТЕМНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Направлено в журнал «Известия РАН. Теория и системы
управления»

1999

2. Новый подход к понятию “высокие технологии”

1. Введение

Системы моделирования, контроля и управления, реализованные в виде информационно-вычислительного комплекса, являются составной частью современных физических экспериментов и технологических процессов. Разработка общей методики создания таких систем для сложных физико-химических процессов с каталитическими циклами является актуальной задачей и открывает новые перспективы в развитии высоких технологий [1].

В настоящей работе рассмотрены новые подходы к интеграции структурно-функционального, системного моделирования сложных систем и информационно-вычислительной среды в единую информационную технологию измерения, контроля и управления.

Структура работы следующая: в разделе 2 раскрывается содержание понятия «высокие технологии»; в разделе 3 с использованием нового понятия высокой технологии, с кибернетических позиций рассмотрены основные положения теории структурно-функционального моделирования сложных систем; в разделе 4 рассмотрен системный подход к классификации структур технологических процессов; в разделе 5 проведена типизация процедур моделирования сложных систем; в разделе 6 дана функциональная классификация многофакторных технологических процессов; в разделе 7 рассмотрены основные составляющие и структурные типы в процессах высоких технологий, приведены результаты анализа ряда процессов высоких технологий и физических экспериментов.

В заключении обсуждаются перспективы применения предложенного подхода для моделирования сложных технологических процессов.

Веским аргументом в пользу раскрытия понятия “высокие технологии” является приоритетное использование новых физико-химических процессов с применением дополнительных внешних воздействий таких, как магнитные и электромагнитные поля, пучки заряженных частиц, технологии нейтрализации, активации, сорбции и т.д. [2-8]. Это обстоятельство позволяет рассматривать понятие “высокие технологии” как процесс с определёнными многоуровневыми закономерностями, для изучения которых необходимо использовать те или иные методы математического моделирования [9-12].

Несмотря на имеющуюся общность описания процессов, их можно классифицировать самыми различными способами. Так можно различать процессы: дискретные и непрерывные, детерминированные и стохастические и т.д. Однако для раскрытия понятия “высокие технологии” наиболее эффективно применить структурно-функциональные методы описания эволюции сложных технологических процессов с использованием системного подхода. Область решения этой проблемы находится в сфере моделирования сложных технологических процессов и, прежде всего, в их системной структуризации.

На рис.1 приведена структурная схема технологического процесса, где А – прямые связи, Б – обратные связи, затемнённые прямоугольники – возможные места внешнего воздействия (например, пучками).

Реальность такой структуризации процесса предполагает рассмотрение обратных связей, число которых может быть большим в зависимости от количества последовательных процедур (1, 2, 3, ..., n) технологического процесса. Число обратных связей существенно влияет не только на качество функционирования процесса в заданных пределах, но и на содержание и уровень высоких технологий. К такому выводу автор

пришёл в результате системного анализа ряда новых технологий (приложение 1) с позиции системно-структурного подхода.

Как процесс в целом, так и любую из составляющих его процедур по характеру обратной связи можно разделить на два типа:

- 1) процесс прямого получения продукта, в котором обратная связь многозначна и выполняет только роль фиксатора исполнения процедуры;
- 2) процесс, в котором из-за сложности происходящих преобразований многократно повторяются одни и те же процедуры, т.е. непрерывно возникают циркуляционные нагрузки.

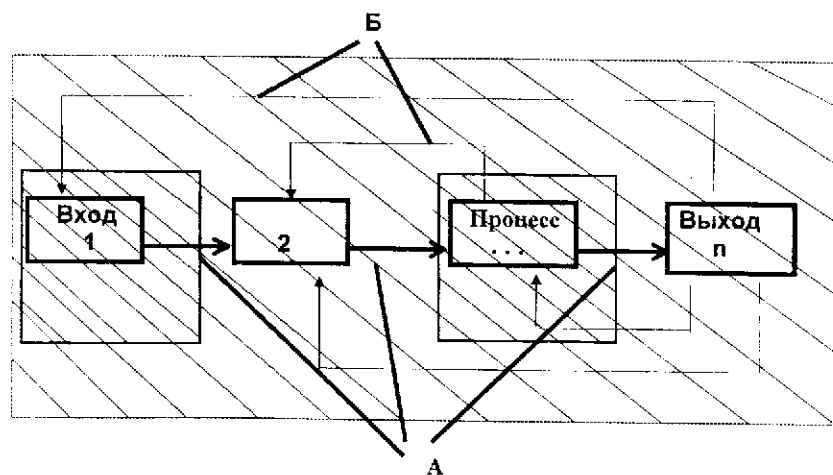


Рис.1. Структурная схема одного из типажей технологического процесса

Выше было предложено рассматривать "высокие технологии" как циркуляционные процессы, где уменьшение циркуляционных нагрузок может быть осуществлено с помощью объединения двух и более процессов с различной физической ориентацией. В результате их взаимодействия создаются устойчивые процессы по отношению к получению конечного высококачественного продукта и снимаются негативные воздействия по отношению к внешней среде [1, 13-16].

Объединение двух процессов даже при наличии чёткой цели функционирования является исключительно сложной проблемой. Структурно-функциональное представление физического состояния объекта должно включать минимум четыре главных компоненты: функция непосредственно процесса и технологии его реализации (базовая компонента), функции обеспечения, управления и развития. Схематически функциональные поля некоторых технологических процессов приведены в табл. 1.

Функции обеспечения, управления и развития представлены как функции "вход", "процесс" и "выход". Рассматривая технологический процесс (рис.1) как комплекс элементов и взаимосвязей, можно отметить, что все переходы между процедурами 1, 2, 3 ... n представляют собой классические модели "вход - процесс - выход", где предыдущий элемент является "входом", переход - "процессом", а последующий - "выходом". Заметим, что и "вход", и "процесс", и "выход", в свою очередь, представляют собой сложные структурные образования того же вида. Несмотря на кажущуюся простоту модели, каждый из элементов предлагается рассматривать как объект высокой технологии. Таким образом, основным отличительным признаком высокой технологии является наличие обратных функциональных связей, постоянный анализ которых позволяет устанавливать необходимую степень структуризации исходных данных для принятия решений. Эта процедура должна вводиться для определения ограничений и нормируемости технологического процесса.

Далее, под высокими технологиями будем понимать такие технологии, в которых для получения высококачественного продукта необходимо обеспечить минимальные объёмы циркуляции, т.е. уровень стабилизации обратных связей должен приближаться к уровню устойчивости прямых связей. При этом остро встаёт вопрос о возможности выделения структурных элементов, которые прежде всего являются непосредственными объектами воздействия и, по существу, формируют качество стабилизации.

Таблица 1

Примеры совместного рассмотрения процессов и составляющих модели

№ n/n	Наименование технологических процессов	Составляющие модели		
		Вход	Процесс	Выход
1.	Утилизация токсичных и вредных химических веществ путем воздействия электронными пучками.		+	
2.	Герметизация контейнеров с вредными и токсичными химическими соединениями для последующего хранения.	+	+	
3.	Получение этиленгликоля электронно-пучковым методом.	+		
4.	Модификация физико-химических свойств полупроводниковых материалов, кристаллов и металлов пучковыми воздействиями.			+
5.	Синтез материалов, неустойчивых в нормальных условиях.			+
6.	Применение градиентного магнитного поля для обработки посевного материала, почвы и воды с целью улучшения качества сельскохозяйственной продукции, повышения урожайности и эффективности производства.	+	+	
7.	Использование адсорбции при очистке и анализе нефти и газа при их транспортировке по трубопроводу		+	

Наличие сложных обратных связей, функционирование которых, в конечном итоге, определяет качество высоких технологий, требует

создания самоорганизующейся и развивающейся информационной технологии. Новая информационная технология должна объединить процессы с различными физическими ориентациями, с разномасштабностью и разнохарактерностью всех их составляющих.

3. Структурно-функциональное моделирование сложных систем

В настоящее время сложилось явное несоответствие между потенциальными возможностями развития средств вычислительной техники (СВТ) и ее применением в научных исследованиях производственно-технологических процессов, проявляющееся в низкой эффективности использования СВТ. Такое положение вещей сложилось не случайно, его можно охарактеризовать как принципиальное противоречие, выражающееся в сложности установления соответствия между тенденциями развития и применения СВТ в каждый текущий момент времени (см. рис.2).

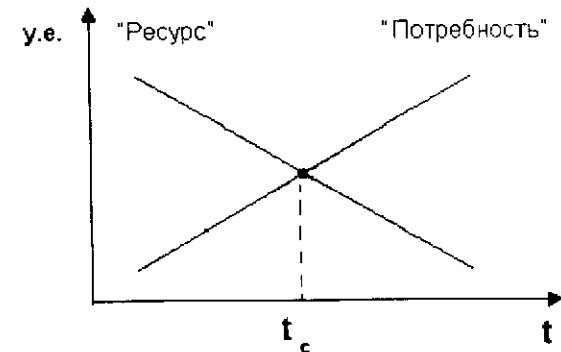


Рис. 2 Диаграмма соответствия "Ресурс-Потребность"

Вычислительные системы развивались и развиваются по одним законам, а объекты функционируют не только по другим законам, но и характеризуются неупорядоченными целями, формализовать которые в ряде случаев не представляется возможным [11, 13, 17, 18].

Вследствие такого положения можно выделить два главных момента:

- Достигнутый уровень СВТ остается невостребованным несмотря на то, что уже сформирован достаточно мощный потенциал для решения такого круга задач, который бы мог обеспечить новое качество в развитии объектов. Это объясняет стремление создателей СВТ разрабатывать новые, более сложные вычислительные комплексы, не используя при этом возможности уже имеющихся средств, сводя к минимуму их потенциальный ресурс.
- Функционирование объектов, для которых создаются вычислительные комплексы, базируется только на собственных проблемах без достаточной взаимосвязи с тенденциями развития СВТ. Так, анализ значительного числа объектов показал, что практически отсутствует единая методология и технология процесса "измерение – оценка – принятие решения" как принципиальная основа (исходные данные) для всех вычислительных процессов. В частности, отсутствуют единые требования представления технико-экономических параметров описания состояния объектов, включая такие характеристики, как точность измерения, метод измерения координаты во времени и пространстве и др., что, в конечном итоге, наряду с показателями полноты информации, является определяющим при выборе и установлении ограничений для применения соответствующих вычислительных систем. Именно эти характеристики должны формировать новую системную метрику информационной технологии.

В свою очередь, вышеназванные моменты можно считать принципиальной основой для формирования баз данных и баз знаний, а также для выработки требований по функциональному соответствию между эффективным применением СВТ и развитием объектов.

В качестве объектов могут рассматриваться технологические процессы, деятельность предприятий, организационных структур, научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, развитие

социально-экологических комплексов и др., для которых необходимо повышать качество технологии принятия решений.

В первую очередь, вышесказанное относится к сложным, многопараметрическим процессам, которые получили в последнее время всеобъемлющее название "высокие технологии" [1]. Это название распространяется практически на все сложные современные процессы из различных областей науки и техники. Такое положение вещей не позволяет дифференцированно рассматривать каждый из процессов, а скорее указывает на то, что пришло время выделить из всего многообразия процессов такой класс, который характеризуется принципиально новыми технологическими свойствами, присущими только этим процессам. Это свойство можно сформулировать как *обеспечение непрерывной взаимосвязи характеристик и закономерностей производственного процесса с характеристиками и закономерностями развития информационно-вычислительных технологий на всех, без исключения, этапах получения продукта – от идеи до ее реализации.*

В настоящее время уже сложился типовой образ представления вычислительных систем (ВС) независимо от их вида и назначения. Каждая из ВС, как правило, включает следующие типовые составляющие:

1. Общие сведения:

- взаимосвязи системы;
- динамические свойства;
- условия эксплуатации;
- надежность системы;
- сопровождение системы.

2. Функциональная структура.

3. Особенности реализации системы:

- технические средства (коммуникационные модули, модули ввода/вывода, контроллеры, консоли);
- программные средства.

Подобной типовой структуры представления научных и производственно-технологических процессов в настоящее время не

существует, вследствие чего возникают проблемы в реализации вышеуказанного свойства. В этом случае реализуется либо "позадачный подход", либо прямое внедрение сложившихся вычислительных комплексов и систем в неподготовленные (неупорядоченные) технологические процессы. Таким образом, несмотря на бурное техническое развитие ВС, они не могут обеспечить потребности реальных технологических процессов из-за многофакторности описания последних. С другой стороны, разработанные вычислительные системы имеют высокие потенциальные возможности с одновременным отсутствием достаточно полной аргументации полезности их применения к реальным технологическим процессам.

Налицо явное противоречие между различной степенью функционального описания конкретных технологических процессов и упорядоченным формализованным представлением вычислительных комплексов и систем. Для устранения данного противоречия и ставится задача выявления соответствия двух названных процессов по показателю "Ресурс-Потребность" (см. рис.2).

В результате анализа опыта создания информационных систем и технологий и их реализации в технологических процессах, напрашивается вывод, что попытка установить указанное соответствие "Ресурс-Потребность" сталкивается с проблемой обеспечения функциональной взаимозависимости двух видов процессов, выделенных в отдельный класс. Для осмысления сказанного рассмотрим, как все же складывается типовой образ таких процессов, составленный с помощью понятий, принятых в справочной литературе (Табл. 2а) и объединенных общим рубрикатом "высокие технологии". Как видно из Табл. 2б, имеется явно выраженная тенденция к структуризации процессов для строгой формализации функции всех последовательных этапов и собственно технологии реализации процесса. В данной работе предлагается рассматривать технологию реализации взаимосвязи с помощью формирования типовых составляющих технологических процессов, аналогично типовым составляющим вычислительных систем с тем, чтобы

на основе функциональных характеристик, получать необходимые решения. Непосредственная взаимосвязь указанных процессов может быть установлена лишь в соответствии с принципами классификации информации, в равной мере применимыми как для технологических процессов, так и для процессов обработки информации, что позволяет рассматривать их совместно по функциям, по содержательным характеристикам и по их соответствию.

В процессе анализа возможности взаимодействия материализованных процессов и информационно-вычислительных процедур, в равной мере направленных как на решение локальных задач, так и на объединение различных конфигураций в автоматизированные системы, было установлено, что принципы структуризации и формирования исходных данных практически несовместимы с выбором и обоснованием критериев для принятия решений.

Таблица 2.а.

Справочная литература

№	Название
1.	Независимая газета от 17. 10. 96.
2.	Большой энциклопедический словарь в 2.х томах. Гл. Ред. М. Прохоров, М., Советская энциклопедия, 1991.
3.	Большая советская энциклопедия. М., Советская энциклопедия, 1976.
4.	Словарь иностранных слов. Изд.7-е, М., Русский язык, 1979.
5.	Справочник машиностроителя в 6-ти томах. Под ред. Э.А.Сатель. М., Машиностроение, 1964.
6.	Бородин И.Ф., Неделько Н.М. Автоматизация технологических процессов. М., Агропромиздат, 1986.

Таблица 2.б.

Структура понятия "высокие технологии"

Содержание	Характеристика	№
1	2	3
Понятие "Высокие технологии"	Книжная летопись. Андрей Ваганов "Тоска по высоким технологиям".	1
Свойства высоких технологий	Свойство – философская категория, выражающая отношение данной вещи к другим вещам, с которыми она вступает во взаимодействие. Свойство первого рассматривается как высшее выражение качества.	2
Потребительские свойства высоких технологий	Потребление – использование общественного продукта в процессе удовлетворения потребностей, заключительная фаза процесса воспроизводства. Потребление активно воздействует на производство, стимулируя его развитие.	2
Технологические свойства высоких технологий	Технология – совокупность приемов и способов получения, обработки или переработки сырья, материалов, полуфабрикатов или изделий, осуществляемых в различных отраслях промышленности, в строительстве и т.д.; научная дисциплина, разрабатывающая и совершенствующая такие приемы и способы.	3
	Технология – совокупность методов обработки, изготовления, изменения состояния, свойств, формы сырья, материала или полуфабриката в процессе производства (например, технология металлов, химическая технология, технология строительных работ).	4
	Технология – это наука о способах воздействия на сырье, материалы или полуфабрикаты соответствующими орудиями производства.	2
	Технология – совокупность методов обработки, изготовления, изменения состояния, свойств, формы сырья, материала или полуфабриката, осуществляемых в процессе производства продукции. Задача технологии как науки – выявление физических, химических, механических и др. закономерностей с целью определения и использования на практике наиболее эффективных и экономических производственных процессов.	
Теория – виды технологических процессов, к которым применяется термин "Высокие технологии"	Технологическими процессами называются сами операции добычи, обработки, переработки, транспортирования, складирования, хранения, которые являются основной составной частью самого производственного процесса.	3
	Точность технологических процессов может быть определена двумя методами: расчетным и опытным. При расчете точности каждая из составляющих погрешностей количественно определяется как расчетно-аналитическим методом, так и экспериментально. на основе широкого применения методов математической статистики и теории вероятностей.	5

1	2	3
	<p>Типизацию технологического процесса целесообразно начинать с составления так называемой технологической цепочки. Технологическая цепочка отражает взаимосвязь технологических процессов, отдельных операций и режимов машин, участвующих в их выполнении.</p> <p>Основные направления современной технологии:</p> <ul style="list-style-type: none"> - переход от прерывистых (дискретных, циклических) технологических процессов к непрерывным поточным процессам; - внедрение "замкнутой" (безотходной) технологии для наиболее полного использования сырья, энергии, топлива, что дает возможность осуществлять мероприятия по оздоровлению окружающей среды; - совершенствование технологии добывающих отраслей промышленности с целью повышения эффективности извлечения полных ископаемых, их обогащения и переработки; - обеспечение комплексности использования полезных ископаемых в народном хозяйстве. <p>Цепные реакции - сложные реакции, в которых промежуточные активные частицы, регенерируясь в каждом элементарном акте, вызывают большое число (цепь) превращений исходного вещества. В химических цепных реакциях (горение, полимеризация и др.) активные частицы - свободные радикалы, возбужденные атомы и молекулы; в ядерных цепных реакциях – нейтроны.</p> <p>Новейшая технология наиболее полно использует имеющийся на данный момент научно-технический потенциал и передовой опыт, обеспечивает высокую экономическую эффективность, количественные и качественные показатели производства. Основой для постоянного развития и совершенствования технологии является углубление индустриализации, концентрация и специализация производства, перевод некоторых видов производства в промышленную основу, развитие комплексной механизации, электрификации и автоматизации технологических процессов.</p>	6
		2
		5

Структурное внутреннее разбиение вычислительных систем на макроскопическом уровне осуществляется в соответствии с естественным разбиением объекта на крупные агрегаты, например, реактор, двигатель, транспорт и т.д. Таким образом, эта процедура представляет собой не разбиение по функциональным признакам системы в целом, а лишь отражение сложившейся тенденции и образов этих составляющих. Только после этого применяются функциональные и топологические принципы декомпозиции структур. Формирование автоматизированных

систем управления на основе указанных принципов, по мнению автора, в самой методологической основе принципиально ошибочно. так как функциональные признаки отдельных составляющих и системы в целом не имеют единого основания. Следовательно, декомпозиция структур имеет дело порой с несовместимыми функциональными характеристиками. Именно поэтому возникают постоянные проблемы по выявлению и устранению непрерывно возникающих возмущений при функционировании технологических процессов. Особенно остро это проявляется в сложных, многокомпонентных технологических процессах, которые практически нельзя структурировать традиционными способами, так как основная идея структуризации должна быть направлена не на слепое видение “законченных” структур, а на формирование и установление таких свойств, использование которых обеспечивало бы функционирование непрерывного технологического процесса. Осмыслить такое положение возможно лишь с помощью изучения природы циркуляционных нагрузок, которые, как известно, распознаются при анализе природы каждой обратной связи.

Ставя перед собой задачу минимизации циркуляционных нагрузок как основного критерия обеспечения непрерывности процесса при отсутствии в настоящее время методов решения этой задачи, автор попытался рассмотреть эти вопросы через призму понятия “высокие технологии” [1]. Такое решение может иметь место только в том случае, если в основу принципов структуризации закладывается не получение структур как конечного продукта, а возможность рассмотрения технологического процесса подобно информационной технологии с присущими ей соответствующими процедурами, обратные связи между которыми должны одновременно поддерживать две функции:

1 - установление и поддержание значения показателя соответствия “Ресурс – Потребность”;

2 - непрерывно выявлять новые требования к структурно-содержательному составу функциональных характеристик, обеспечивающих требования п. 1.

Можно ожидать, что при реализации этих требований появится возможность создания технологии моделирования сложных эволюционных процессов.

4. Системный подход к классификации структур технологических процессов

Опыт создания сложных технологических процессов, физика которых включает многоуровневые закономерности, объективно выводит на первое место задачу конструирования моделей этих процессов [1, 15]. В связи с этим автор поставил перед собой задачу - разработать классификацию структур технологических процессов с целью поиска и изучения формальных процедур.

Качественное изменение характера современных технологических процессов диктует привлечение новых подходов к оценке их состояния. Поэтому построение эффективных методов распознавания ситуаций, на основе которых и происходит принятие решений, требует привлечения новых подходов как для их разработки, так и для анализа существующих систем. Наиболее перспективными являются кибернетический и системный подходы. Методологию кибернетического подхода можно считать уже сформированной. Наиболее прогрессивным на сегодняшний день признается системный подход, в рамках которого был сформулирован ряд принципов системного анализа.

Рассмотрим упрощенную схему проведения системного анализа (рис.3), обеспечивающую единый процесс “измерение – оценка - принятие решений” для получения конкретных результатов, учитывающих взаимное влияние всех составляющих технологического процесса (ТП).

Задачей блока “измерения” является обеспечение полноты информационного отображения процесса. Блок “оценка” предназначен для определения возможностей реализации процесса в соответствии с накопленным опытом и в зависимости от целей ведения процесса. Блок “принятия решений” обеспечивает достижение поставленных целей, возможно, с элементами оптимизации.

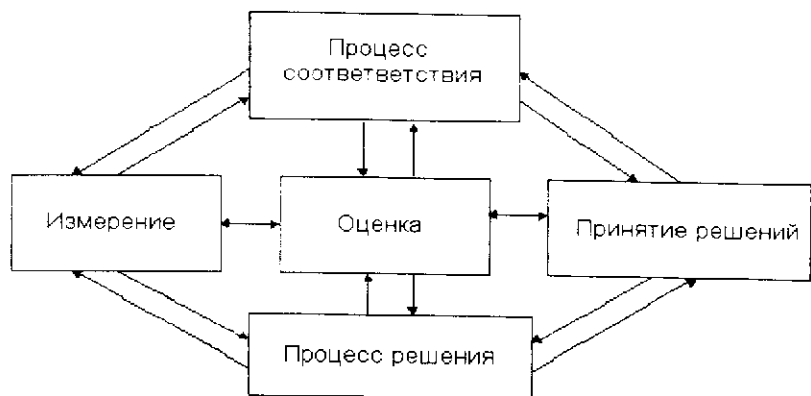


Рис. 3. Схема проведения системного анализа

В полном объеме схема системного анализа может быть реализована при условии использования информационно-поисковой системы с набором решающих модулей, т.е. информационно-вычислительной среды в виде комплекса контроля (управления) (рис. 4).

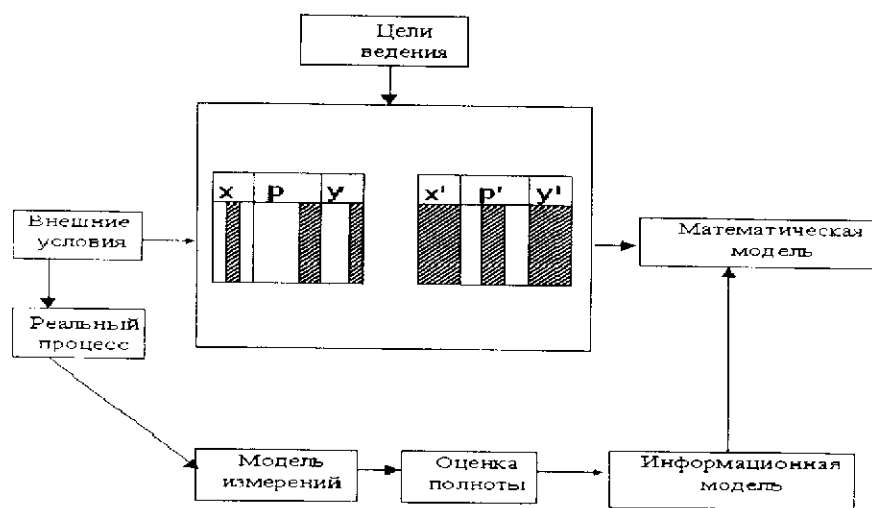


Рис. 4. Возможные отображения процесса

Системный анализ возможно проводить по каждому из составляющих его этапов в отдельности. В данной схеме измерение проводится для объяснения и оценки поведения ТП с последующей подготовкой информации для принятия решений с целью оптимизации этого процесса. Между блоками "измерения" (наблюдения), "оценки" (анализа) и "принятия решений" (выполнения действий управления) имеется определенный разрыв, что связано с расхождением между природой переменных, характеризующих эти ТП, требованиями со стороны математического аппарата для получения оценок и конкретным подходом специалистов.

Для современных ТП характерна сложность априорной формулировки сколько-нибудь общих моделей. Поэтому исследования следует проводить в основном в области наблюдения за такими процессами в целях получения наиболее широкой оценки их возможностей. В данном случае следует использовать не частный подход к задаче, а общий системный подход. Целесообразно включать как можно больше переменных, характеризующих процессы с различных точек зрения, и широко представлять набор возможных целевых переменных, позволяющих оценить перспективу развития соответствующих ТП. Однако при большом числе переменных общая математическая модель оказывается громоздкой и неудобной для использования, а ее построение является далеко не тривиальной задачей. Поэтому для представления процессов в целом целесообразно воспользоваться одним из результатов системного анализа – информационной моделью.

Информационная модель представляет собой структурированное отображение информации о системе, в которой возможен полный учет априорно известных законов или зависимостей, характеризующих ТП. Отметим, что в большинстве случаев специалисты занимаются в основном решением проблем, связанных с блоками "оценки" и "принятия решений", и почти не уделяют внимания блоку "измерения" с точки зрения используемых наборов переменных, хотя он, по существу, и

предопределяет эффективность ведения процесса в целом. Для блока "оценки" известен целый ряд направлений и методов, базирующихся на физических законах и моделях статистического анализа распознавания образов и теории планирования эксперимента. При этом для получения результатов часто вводятся сомнительные априорные предположения. Для "принятия решений" в настоящее время интенсивно разрабатывается формальный аппарат, позволяющий делать это оптимально. Тем не менее решения приходится часто принимать лишь на основе здравого смысла, а блок "измерения" вместе с относящимися к нему переменными, как правило, предполагается известным априорно. Однако в случае сложных объектов (см. раздел 3) это далеко не так. В результате отказ от большого числа априорных предположений приводит к многомерной статистике анализа данных.

Анализ данных по своей направленности является формальным аппаратом, наиболее близким к методологии системного анализа. Действительно, к числу его основных принципов относятся выбор для описания большого числа разноуровневых переменных, учет "внешних" по отношению к процессу переменных, совместная обработка как количественной, так и качественной информации. Перейдем теперь к рассмотрению тех выводов, к которым приводит применение системного подхода к анализу задачи распознавания ситуаций.

Распознавание ситуаций невозможно без рассмотрения целей ведения процесса и самого процесса. Цели ведения процесса отражают потребности пользователей, которые предполагается удовлетворить при функционировании этого процесса. Процесс на основе имеющихся о нем знаний можно представить в виде информационного отображения, адекватного самому процессу. Тогда, в принципе, возможно независимо рассматривать цели ведения процесса и сам процесс. Такое допущение позволяет формулировать такие цели, которые невозможно достичь в данном процессе. Так как эти два элемента находятся друг с другом в непрерывном взаимодействии, то изменение одного из них приводит к изменению другого.

Это обстоятельство характерно и для соответствующих элементов более низких уровней (рис. 4). Изменения обусловлены внешними воздействиями: изменением целей, возмущениями в самом процессе, изменением знаний о процессе, неадекватностью отображения процесса и пр. Будем считать, что в каждый заданный момент времени элементы находятся между собой в некотором фиксированном соответствии. Рассмотрим каждый из этих двух элементов.

Цели ведения процесса – понятие слишком широкое. На их основе можно сформулировать более узкие подцели, которые, в свою очередь, находятся в сложном взаимодействии как с целям ведения, так и с информационным отображением процесса. При этом формулировка подцелей может изменяться от расплывчатой или нечеткой до полностью формализованной (математической модели). Допустим, что каждая подцель может быть эквивалентно сформулирована в виде одной или ряда задач. При этом под задачей следует понимать некоторые требования к какой-либо одной переменной, представляющей интерес для пользователей в качестве эквивалента цели. К числу таких переменных могут относиться выходные переменные, критерии или переменные из ограничений. Условимся называть такие переменные целевыми. Они соответствуют вектору "выхода". Целевая переменная (или ряд целевых переменных) эквивалентна некоторой цели, к достижению которой стремятся при функционировании процесса. Она позволяет характеризовать результат ведения процесса с некоторой точки зрения, представляющей интерес для пользователя. И в этом случае требования к целевой переменной могут изменяться в очень широких пределах: от нечетких до точных. Примерами таких требований к целевым переменным могут служить ограничения на область изменения и точность измерения переменных, возможность изменения целевой переменной с помощью некоторых переменных векторов "входа" и "процесса", выполнение условия оптимальности и пр. В рассматриваемом случае эти различия не имеют существенного значения и в дальнейшем не будут приниматься во внимание.

Заметим, что нередко задача оказывается эквивалентна некоторой целевой переменной (признаку, параметру), а иногда вместе с набором независимых переменных позволяет воздействовать на эту целевую переменную.

При рассмотрении второго элемента (информационное отображение или процесс) может быть выделена информационная структура процесса, представляющая собой множество переменных, характеризующих процесс (набор переменных), и связей между ними. На самом деле, эта структура сводится к ряду частных моделей процесса, каждая из которых служит для описания того или иного фрагмента процесса. Такая модель может изменяться от чисто качественной до математической модели или закона. Неразличимость типов задач и моделей совпадает с формальной аналогией между наблюдениями и критериями в теории принятия решений по многим критериям.

Полная изолированность формулировки задач от процесса построения частной модели соответствующего фрагмента процесса может показаться несколько искусственной и порождающей ряд "абсурдных" ситуаций. На практике для задач характерна нечеткость их формулировки, а для модели фрагмента – сравнительная строгость ее вида. При жестко сформулированной цели и плохой изученности процесса возможна обратная ситуация, которая имеет место в большинстве случаев при рассмотрении сложных процессов. Возникает вопрос: насколько отмеченное фиксированное соответствие между процессом и целями или между моделями и задачами будет согласованным?

Такое сопоставление всех задач и соответствующих частных моделей процесса позволяет судить о соответствии потребностей пользователей возможностям процесса. При соотнесении моделей процесса задачам первым можно придать форму моделей процесса с учетом целей, а вторым – задач с учетом информационной структуры процесса. В результате такого слияния получается частная модель процесса или задача.

Действительно, при сделанных уточнениях задачи частные модели не различаются и сливаются в единое целое, а полная модель появляется в результате "наполнения" задачи информационной структурой.

После определения задач (целевых переменных и требований к ним) можно обратиться к имеющимся знаниям о процессе или перейти к процессу наблюдения для выявления связей между целевыми и независимыми переменными. Это и позволяет определить необходимый набор моделей управления (моделей связи). В общем случае обозначим модель $S(X, Y)$, где S – связь (частная модель или ситуация) между целевой переменной Y и набором независимых переменных X . Этими моделями определяется ситуация; они же служат для получения оценки состояния процесса. Эти модели могут быть самого различного типа. Однако в случае процессов типа технологических модели должны быть, как правило, математическими. Полученные модели используются затем в системе управления. Эффект присутствия системы управления учитывается в виде составляющей внешних воздействий на процесс. В дальнейшем взаимодействие целей ведения процесса с подцелями и процесса с его информационной структурой не рассматривается. Оно учитывается лишь в виде внешних воздействий на подцели и информационную структуру (см. рис. 5).

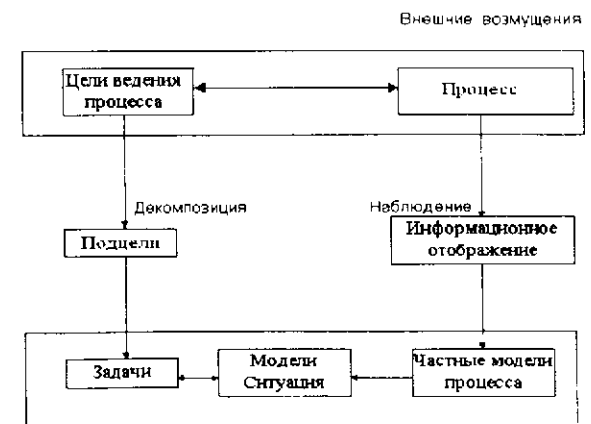


Рис. 5. Взаимодействие целей и процесса

Таким образом, системный подход приводит к необходимости представления ситуации, характеризующейся большим числом переменных. Объектом дальнейшего анализа служит система "задачи - частные модели процесса", которая при ведении процесса оказывается эквивалентной совокупности моделей, т.е. "ситуации на процессе".

5. Типизация процедур моделирования сложных систем

Предъявленные модели еще не позволяют вести процесс с нужной точностью. В действительности возможно бесконечное множество различных типов моделей или ситуаций S . При этом важно эффективно классифицировать возможные модели, которые также могут изменяться от расплывчатых до строго формализованных. Многообразием моделей связи между целевой и независимыми переменными объясняется большое число различных названий: качественная, корреляционная, функциональная и причинная связи; зависимость, функция, закономерность, изменчивость и т.д. Все виды связи возникают в зависимости от знаний о процессе и результатов, полученных после обработки наблюдений, поэтому целесообразно поставить задачу их шкалирования и приведения к одной модели обобщенных связей. Для выделения типов ситуаций используем тот факт, что в случае процессов стремятся, как правило, к получению функциональных связей или к построению математических моделей, которые удобно называть информационно-функциональными структурами процесса $f(X, Y)$. Тогда целесообразно выделить четыре типа технологических ситуаций (задачи или моделей) $f(X, Y)$. Остановимся кратко на особенностях каждого из этих типов.

Первый тип (X и f неизвестны). Ситуация представляется наиболее естественной в случае плохо изученных процессов. Задачи по автоматизации таких процессов до последнего времени и не возникали. Здесь подразумевается отказ от априорных предпосылок при

исследовании процесса, т.е. по существу отсутствуют задачи в их традиционном смысле, так как они сводятся лишь к простому перечню целевых переменных.

Второй тип (X известна, f неизвестна). Задача возникает при точно известных переменных, но при неизвестном характере их изменения. Она характерна для сравнительно хорошо изученных процессов. Например, перемещение некоторого инструмента происходит по трем координатам, но вид соответствующей кривой может быть и неизвестен. Нередко такая задача появляется, например, в результате априорного задания требуемых переменных.

Третий тип (X неизвестна, f известна). Вид модели продиктован априорными предпосылками. Это справедливо либо в случае изученных процессов, либо в случае плохо изученных, когда из соображений простоты получаемой модели принимают некоторые априорные предпосылки о форме зависимости.

Четвертый тип (X и f известны). В задаче известен перечень необходимых переменных вместе с характером функциональной взаимосвязи между ними. Такая ситуация характерна для хорошо изученных процессов, в которых цель со временем все точнее "подгонялась" к информационной структуре процесса и наоборот. Это соответствует наиболее точному знанию ситуации.

Возможен переход к пятому типу модели, в котором четвертому типу присваиваются "подгоночные" значения неизвестным коэффициентам (рис. 6). Эта типизация проведена с двух точек зрения: функциональной (вид модели) и информационной (какой набор переменных должен входить в модель) полноты. В случае этих четырех ситуаций, как правило, при заданном процессе и цели, стремятся осуществить переходы из более неопределенных ситуаций к более определенным. При этом в случае процессов типа технологических первая ситуация либо не рассматривается вообще, либо сразу исходит из

четвертой ситуации, или пытается перейти из второй или третьей ситуации в четвертую.

В зависимости от рассматриваемой в процессе задачи и от частной модели этого процесса соответствующая модель управления может относиться к любому из указанных типов, а, возможно, и к какому-то другому. При изменении системы "задача-модель" ситуация может изменять свой тип. Если в данный момент ситуация соответствует модели четвертого типа, то проблем не возникает, соответствующая задача решается и может потребоваться лишь уточнение коэффициентов известной зависимости. При попадании ситуации в группу другого типа при ведении процесса стремятся осуществить следующие переходы (см. рис. 6):

- 1) $1 \rightarrow 2$ и $1 \rightarrow 3$. Эти переходы в основном осуществляются за счет использования априорных предпосылок относительно набора переменных или вида связи;
- 2) $2 \rightarrow 4$. Для реализации этого перехода обращаются к аппарату теории планирования эксперимента или многомерного регрессионного анализа;
- 3) $3 \rightarrow 4$. В этом случае используется аппарат многомерного линейного и нелинейного регрессионного анализа с последовательным перебором всевозможных наборов независимых переменных.

Формально нет никаких препятствий для попыток осуществления перехода $1 \rightarrow 4$. На практике попытки такого перехода связаны с большим числом неудачных экспериментов, а успешное построение модели во многом оказывается делом случая.

Переходы $1 \rightarrow 3$, $1 \rightarrow 4$ и $3 \rightarrow 4$ соответствуют использованию модели "черного ящика", которую можно назвать "функциональным черным ящиком", так как соответствующие переходы эквивалентны получению конкретных операторов.

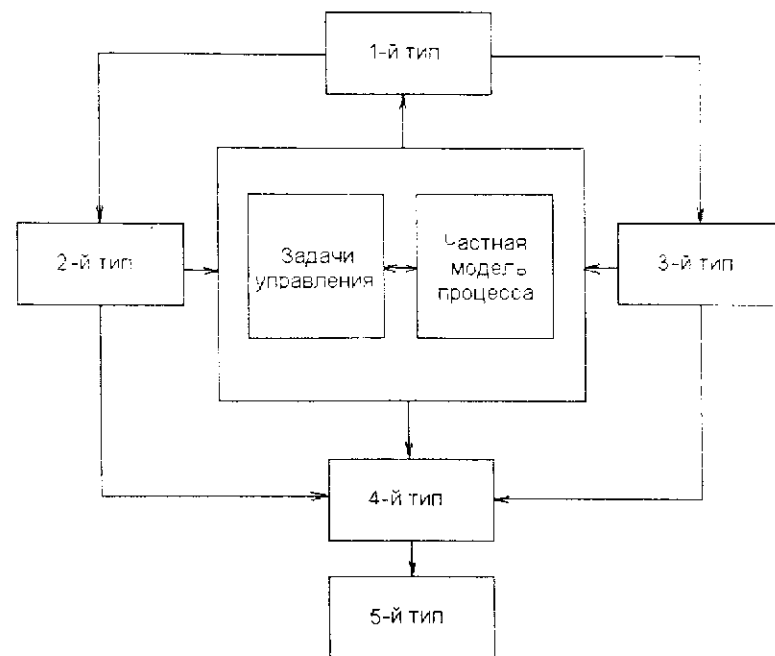


Рис. 6 Типы моделей управления

В зависимости от преобладания задач того или иного типа процессы естественно разбить на следующие группы:

- Неструктуризованные процессы, для которых хотя бы одна частная ситуация соответствует модели первого типа (отсутствие информационной и функциональной полноты).
- Слабоструктуризованные процессы, для которых хотя бы одна частная ситуация относится ко второму или третьему типу (отсутствие информационной или функциональной полноты).
- Структуризованные процессы, для которых все частные ситуации относятся к четвертому или пятому типу (информационная и функциональная полнота).

Менее изученным переходом является $1 \rightarrow 2$. В настоящее время появилась необходимость в автоматизации процессов слабоструктуризованного типа (см. разделы 2, 3).

Процесс может относиться к числу слабоструктуризованных по следующим причинам:

- во-первых, процесс может быть плохо изученным или плохо освоенным;

- во-вторых, к процессу неструктуризованного типа относятся процессы, которые в ходе своей эволюции перешли из разряда простых в разряд сложных;

- в-третьих, даже структуризованные процессы могут переходить в число неструктуризованных в результате подключения к ним системы управления. Система управления, как показывает опыт, настраивается на работу с весьма ограниченным числом возможных ситуаций, даже если она создается с учетом самых передовых принципов типа адаптивности. На практике условия протекания процесса нередко отклоняются от "заложенных" в систему, например, поступление заготовок, отличных от предполагаемых;

- в-четвертых, встречаются ситуации, когда принятые априорные предпосылки, позволившие перевести процесс в более определенный класс, оказываются несостоятельными. В этом случае приходится отказываться от априорных предпосылок, и исследование должно быть продиктовано, в первую очередь, не задачами, а стремлением к организации правильного наблюдения за процессом, что позволит выявить реальную информационно-функциональную структуру процесса.

Итак, для реального процесса представленная на рис. 4 ситуация не является исключением. В случае ее справедливости реальные ситуации могут не соответствовать задаваемым стандартами или предполагаемым специалистами ситуациям.

Для постановки задачи о необходимости перехода $1 \rightarrow 2$ предлагается использование концепции "информационного черного ящика". Аналогично, первый и третий тип технологических моделей относится к концепции "информационного и функционального белого ящика".

6. Функциональная классификация многофакторных технологических процессов

Несмотря на имеющуюся общность описания процессов, их можно, в зависимости от тех или иных характеристик, классифицировать самыми различными способами. Так, можно различать дискретные и непрерывные процессы, детерминированные и стохастические и т.п.

С позиции функциональных свойств, характеризующих динамику процессов, предлагается выделить следующие классы процессов:

1. Структуризованные процессы. К этому виду относятся процессы, поведение которых с учетом решаемых задач известно практически полностью, т.е. известны физико-химические законы или математические модели, определяющие характер их функционирования, а характеризующие процесс переменные определены в полном объеме. Для процессов такого вида, как правило, известны оптимальные режимы.

2. Слабоструктуризованные процессы. К этому классу относятся частично изученные процессы. Часть переменных, характеризующих процесс с точки зрения поставленной цели, известна вполне определенно, а другая часть – относится к разряду неизвестных.

3. Неструктуризованные процессы. О поведении процессов из этого класса нельзя сказать ничего определенного, а характеризующие их переменные трудно указать даже примерно.

Изучаемые аспекты процессов этих классов представлены в табл. 3.

Таблица 3

Виды технологических процессов

Особенности	Типы процессов		
	Структуризованные	Слабоструктуризованные	Неструктуризованные
Этап	Эксплуатация	Физика, технология, эксплуатация	Физика, технология
Характеризующие переменные	Известны полностью	Известны частично	Неизвестны
Аспект и масштабность	Взаимосвязи организационного характера	Технологические, организационные и отдельные физические взаимосвязи	Все виды взаимосвязей

Процессы первого типа характеризуются известными закономерностями. Однако в реальных условиях идеальные закономерности никогда не соблюдаются, т.к. процесс протекает во внешней среде, оказывающей на него возмущающие воздействия, и, в частности, переменные подвержены воздействию многочисленных неконтролируемых факторов. В данном случае для обеспечения идеальных условий его проведения и оптимизации используются методы сглаживания случайных возмущений и хорошо разработанные методы автоматического управления. Однако, если возмущения, вносимые внешней средой, нельзя отнести к разряду случайных со сравнительно небольшими значениями ошибок, то необходимо дополнительно включить переменные, характеризующие, например, организационную структуру процесса и получить по существу неструктуризованный подпроцесс. Автоматизация процессов этого вида не вызывает затруднений.

Процессы второго типа изучаются с помощью постоянного пополнения имеющихся классификаторов переменных новыми физико-химическими переменными, описывающими процесс. В таких процессах

могут эффективно использоваться методы планирования эксперимента. При пополнении классификаторов необходимо учитывать соответствующую цель ведения процесса.

Процессы третьего типа необходимо рационально исследовать с помощью аппарата анализа данных.

В качестве основного аппарата при исследовании процессов любого вида используются методы математической физики, математической статистики, в частности, алгоритмы анализа данных и распознавания образов. Действительно, процессы третьего вида целесообразно отнести к процессам со стохастической природой. Поведение некоторых переменных процессов второго вида и организационных переменных процессов первого вида, как правило, известно в своих основных чертах, а остальные на предварительном этапе обследования допустимо трактовать в качестве случайных величин или стохастических процессов. Процессы со стохастической или неизвестной природой представляют наибольшую трудность при оценке их ситуации, т.к. учет в информационной модели фундаментальных законов или известных зависимостей не вызывает особых проблем.

Проведенная типизация процедур моделирования сложных систем и функциональная классификация многофакторных технологических процессов дает основу для выделения составляющих и структурных типажей в процессах высоких технологий.

7. Составляющие и структурные типажы в процессах высоких технологий

Какими бы сложными не были технологические процессы, практически никогда все их процедуры не могут быть равнозначны по сложности, по числу и содержанию циркуляционных нагрузок [1]. В редких случаях такие свойства имеют либо весь процесс, либо его отдельные составляющие. Наличие в процессах хотя бы одной из составляющих предъявляет повышенные требования к процессу в целом, выделяя при

этом два класса задач: 1) структуризация процесса, 2) выявление характера и содержания обратных связей. Взаимосвязь результатов решения двух указанных классов задач определяет, по существу, уровень стабилизации процесса. Этот уровень может быть обеспечен как качественно новый критерий высоких технологий за счет применения внешних воздействий (магнитное поле, электронно-лучевой пучок и др.). Каждое воздействие представляет собой самостоятельную технологию, весьма дорогостоящую и не всегда формализованную с точки зрения возможностей ее адаптации с конкретными процессами. Остро встает вопрос о возможности выделения структурных элементов, которые, прежде всего, являются непосредственными объектами воздействия и, по существу, формирующими качество стабилизации.

Новое качество стабилизации для принятия решения возможно рассматривать как структуру замещения соответствующих элементов технологического процесса, т. е. отдельных элементов, их различных сочетаний, прямых и обратных связей. Условно замещенные элементы как бы становятся в ряд процедур технологического процесса и характер адаптации можно будет определять расчетным путем, где основную нагрузку будут нести методы совместного рассмотрения качественных и количественных параметров, обеспечивая тем самым системное изучение процесса в целом и в любой заданный момент времени. Проанализировав ряд физических экспериментов и технологических процессов [2-8], над которыми работают в Объединенном институте ядерных исследований, автор предлагает классификацию видов элементов (составляющих технологических процессов), которые определяют объекты высоких технологий. Стабилизация состояний этих элементов составляет цели таких технологий [см. раздел 2].

Выделим основные виды элементов по структурно-функциональным признакам высокой технологии (см. рис. 1).

Вход в процесс (рис. 7а) - этот элемент представляет собой ряд упорядоченных или неупорядоченных вариантных состояний функциональных характеристик входа. В одном случае это может быть

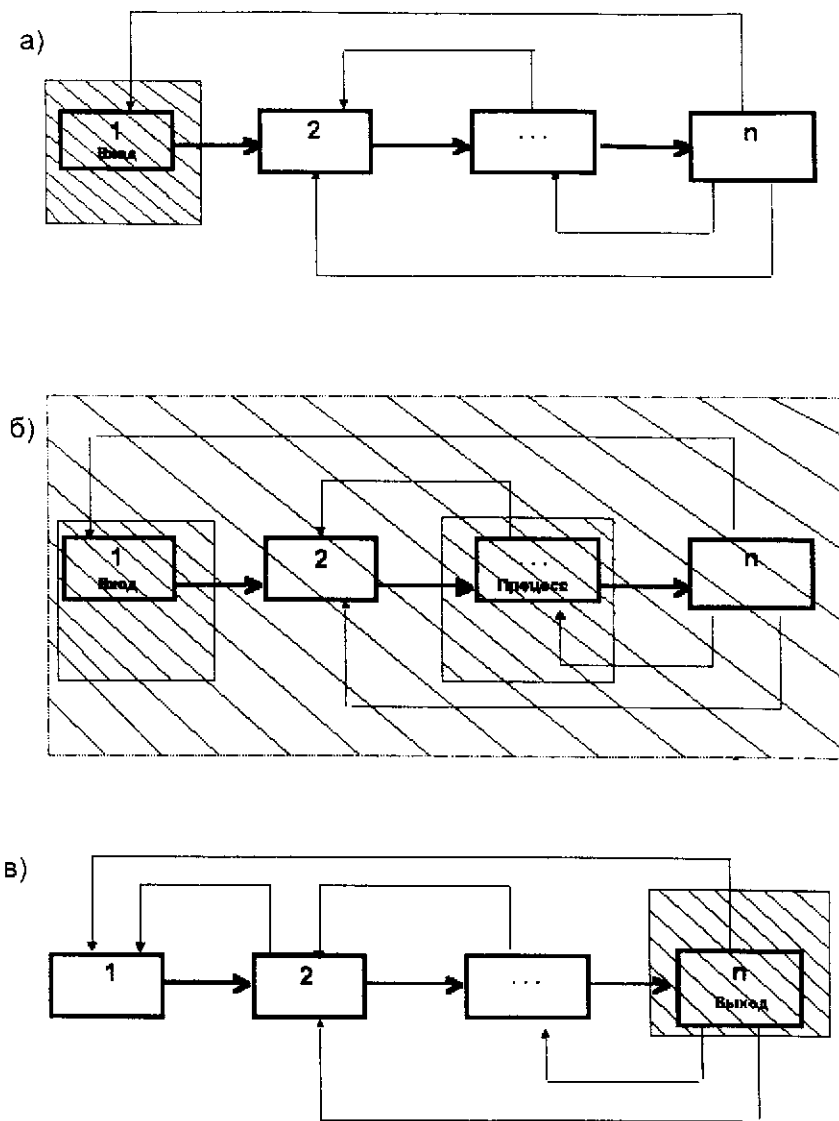


Рис. 7. Структурные типы технологических процессов

набор (перечень) возможных разновидностей (например, сырье, отличающееся различными физико-химическими характеристиками), в другом случае основанием для вариантов могут служить временные характеристики. Они могут отражать время жизненного цикла, характеристики продолжительности взаимодействия, а также интервалы временных периодов, которые определяют устойчивость значений характеристик. В качестве экспериментальных технологических процессов были выбраны процессы, в которых определяющими элементами высокой технологии являются "вход" и которые могут быть представлены в виде вариантных состояний. "Выходом" можно считать конечный продукт процесса (рис. 7в). В качестве "процесса" рассматриваются отдельные процедуры, их возможные комбинации или весь технологический процесс в целом (рис. 7б). Циркуляционные нагрузки, составляющие суть высокой технологии, не всегда можно установить однозначно только по отношению к названным элементам. Чаще всего циркуляционные нагрузки требуют рассмотрения и "входа", и "процесса", и "выхода". Однако такое изучение процессов резко увеличивает размерность информационного пространства модели и значительно усложняет применение дополнительных технологий (применение магнитных полей, электронных пучков и т.д.) как с позиции точки приложения этих технологий, так и с позиций измерения и установления режимов взаимодействия двух технологий.

Здесь мы сталкиваемся с противоречием, всегда возникающим между необходимостью жёсткой структуризации основного технологического процесса и достаточностью аргументации, что эта структуризация полностью описывает процесс в целом. В тоже время без разрешения этого противоречия мы практически всегда будем стоять перед проблемой доказательства необходимости применения новой технологии, т.е. обоснования и выработки процедур, направленных на стабилизацию процесса.

В связи с этим автор провёл исследования как по формированию типовых структур для ряда процессов различного масштаба, с разными целями и возможностями, так и на предмет выявления элементов для воздействия магнитными полями, электронными пучками и т.д.

В таблице 1 приведены результаты анализа по нескольким процессам высоких технологий, изучение которых позволило их структуризовать в соответствии с рассматриваемой моделью. Краткое описание некоторых технологий представлено ниже.

Одной из актуальных задач в настоящее время является поиск способов утилизации токсичных соединений в виде газов и капельных фракций. Такие технологии должны быть достаточно универсальными, пригодными для ликвидации отходов различных производств и не должны оказывать вредного воздействия на окружающую среду и население. Примером указанного вида технологий может служить процесс утилизации токсичных соединений на основе физических эффектов воздействия электронных пучков на эти соединения. При использовании в качестве источника энергии электронного или ионного пучков (или гамма квантов) происходят глубокие окислительные процессы, в результате которых образуется твердая, газовая или жидкостная фракции. Разложение токсичных веществ происходит до простых нетоксичных соединений, пригодных в дальнейшем для использования в промышленности.

Важным моментом для таких технологий является процесс герметизации контейнеров с вредными химическими соединениями. С одной стороны, такой процесс может рассматриваться как самостоятельный процесс для увеличения сроков хранения, а с другой, - как подготовительная операция для транспортировки и их последующего уничтожения. Процесс герметизации заключается в помещении контейнера с вредными химическими веществами в пластичный материал из смолообразующего композита с твердым наполнителем (например, песком), с последующим воздействием жестким рентгеновским излучением для отверждения и образования герметичной оболочки.

Контейнеры, обработанные таким способом, могут храниться достаточно долго и надежно транспортироваться к месту их уничтожения.

Другим направлением в использовании электронных пучков является их применение для получения этиленгликоля, являющегося основной составляющей антифризов и гидротормозных жидкостей. Антифризы должны обладать низкой температурой замерзания, небольшой вязкостью, обеспечивающей свободное истечение жидкости при низких температурах, а также не должны вызывать коррозию металлов, из которых изготовлены системы охлаждения и соединительные шланги. В связи с этим предъявляются повышенные требования к составу и характеристикам этиленгликоля. Применение импульсных электронных пучков дает возможность регулировать параметры пучка и автоматизировать технологический процесс. Такая технология позволяет наряду с получением этиленгликоля перейти на прямой процесс получения антифриза, исключив промежуточные стадии.

При воздействии электронных пучков на полупроводниковые материалы и оптические стекла появляется возможность модифицировать их физико-химические свойства: повышать устойчивость материалов к ионизирующим излучениям и теплостойкость, изменять окраску и спектры поглощения оптических сред. Так, предприняты попытки создания веществ, неустойчивых в нормальных условиях. Классические технологии синтеза нитридов с помощью магнетронных систем напыления не позволяют выделить нитрид углерода из-за отсутствия возможности перевода его в термодинамически устойчивое состояние. Результаты теоретических исследований и первые опыты по практическому применению импульсных электронных пучков убедительно показали реализуемость такой задачи.

Другим интенсивно развивающимся направлением использования высоких технологий является их применение для совершенствования и развития агротехнических приемов в сельском хозяйстве. Многочисленные исследования в нашей стране и за рубежом показали, что предпосевное воздействие на семена различными факторами (ионизирующее и

лазерное излучение, импульсный свет, коронный разряд и др.) приводит к улучшению посевных качеств, стимулированию роста растений и, в конечном итоге, обеспечивает повышение урожайности и сокращение сроков естественного созревания. В последние годы для этих целей нашел применение метод воздействия магнитного поля, технология и аппаратное оформление которого не сопряжено с трудоемкими и дорогостоящими операциями. Проведенные исследования этой технологии, разработанной в Объединенном институте ядерных исследований, показали, что обработка магнитным полем клубней картофеля, семян зерновых культур, ячменя и др. позволяет повысить урожайность на 15%-40%. Результаты этих опытов послужили основанием для перехода к практической реализации данного метода в 11-ти почвенно-климатических регионах страны.

Наряду с обработкой магнитным полем посевного материала, применялась обработка почвы на всех этапах выращивания сельскохозяйственных культур: при первичной подготовке почвы, при посеве семян, при появлении ростков и т.д., то есть в течение всего вегетационного периода. Такая обработка почвы повышает ее активность за счет стимулирования микрофлоры и физико-химических параметров почвенной воды, что, соответственно, повышает усвоение растениями питательных веществ и удобрений. Таким образом, традиционный процесс возделывания различных культур в сочетании с обработкой в магнитном поле составляют единый технологический комплекс, позволяющий стабилизировать исходные параметры и интенсифицировать рост сельскохозяйственных культур, повышая урожайность и сокращая сроки созревания.

Несомненный интерес представляют результаты, полученные в ходе моделирования процесса адсорбции углеводородов на цеолитах при транспортировании нефтепродуктов после крекинга и создания контейнеров-сорбентов в нефтепроводе. Как известно, сырая нефть представляет собой сложную смесь углеводородов, состоящую из производных нафтеновых кислот, фенолов, меркаптанов, теофенов и т.д.

Наиболее сложным вопросом разделения нефтепродуктов является выделение из состава нефти ее отдельных компонентов и до настоящего времени еще ни одна разновидность нефти полностью не разделена на свои составляющие, хотя уже научились выделять более 100 фракций с температурой кипения около 300°C. Как и все органические соединения углеводороды устойчивы только при сравнительно низких температурах, повышение температуры приводит к разложению углеводородов на углерод и водород. По температурному режиму переработку нефти разделяют на крекинг (до 650° С) и пиролиз (выше 650° С). При термическом разложении углеводородов образуются сложные смеси, анализ и разделение которых чрезвычайно трудно провести. Как правило, при переработке нефти выделяют основные фракции (бензин, керосин, солярные масла, мазут, парафин и др.), которые являются полуфабрикатами для дальнейшей специальной обработки.

После крекинга и пиролиза нефть поступает в нефтепровод для ее транспортировки к месту дальнейшей переработки. Это позволяет использовать процесс адсорбции для разделения на фракции и для анализа составляющих нефти в трубопроводе. Решающую роль в этих процессах играет физическая сорбция в контейнерах-сорбентах, установленных непосредственно в трубопроводе. В качестве адсорбента наиболее целесообразно использовать цеолиты (алюмосиликатные соединения, природные и синтетические). Контейнер-сорбент, выполненный в виде соосных цилиндров, позволяет резко увеличить активную поверхность, которая может составлять многие квадратные километры на пути транспортирования нефтепродуктов. Число сорбентов, размеры, расстояние между поверхностями цилиндров можно легко варьировать, подбирая оптимальное соотношение параметров.

После выемки из нефтепровода сорберы помещают в установки для десорбции. Наиболее перспективным и экономичным представляется механизм очищения контейнеров-сорберов переменным давлением и продувкой. Таким путем можно извлекать до 98% нормальных парафинов.

Очищенные контейнеры могут вновь быть использоваться в нефтепроводе.

Рассмотрев вышеназванные технологии, перечисленные в Табл. 1, с точки зрения их структуризации и степени изученности, эти процессы можно представить вместе, совместив их структурные представления с моделью "вход - процесс - выход". Эта процедура необходима при выборе объектов для приоритетных исследований. Идеальными были бы такие процессы, в которых и "вход", и "выход", и "процесс" в комплексе представляли бы собой единые структуризованные процессы. Как видно из Табл. 1, таких процессов нет.

Для всех названных технологических процессов общей проблемой является стабилизация технологии получения результата по составляющим модели. В выделенных элементах всегда имеют место циркуляционные нагрузки, уменьшение которых и является главной целью и сутью высоких технологий. Так как на данном этапе не представляется возможным рассмотреть во взаимосвязи все элементы, ограничимся лишь теми, которые указаны в Табл. 1. В то же время применение системных принципов для анализа и выявления непрерывных перспектив развития позволяет нам принципиально по-новому осуществлять реализацию поставленной цели. При рассмотрении процессов необходим дифференцированный подход к каждому из них. Дифференциация заключается в целевом описании каждого процесса. Для этого всем решениям необходимо присвоить четкий адрес как по физическому (технологическому) результату, так и в процессах единой информационной технологии обеспечения этого результата. С этой целью любая из задач должна быть не только представлена в формальном виде, но и сопровождаться адресом ее места нахождения в функциональном поле высокой технологии. Составляющие "вход", "процесс", "выход", таким образом, можно рассматривать как функции, постоянные по виду и различные по содержанию. Например, все задачи, решаемые в рамках процесса герметизации контейнеров для последующего хранения, всегда будут сопровождаться адресом по функции "процесс", а для

транспортировки и уничтожения - по функции "вход". Следовательно, функциональность процесса в целом или по его отдельным элементам с позиции высокой технологии всегда должна иметь конкретный адрес в функциях "входа", "процесса" и "выхода". Такая адресация помогает структуризовать технологии по основному признаку их принадлежности к высоким технологиям, т.е. по взаимосвязанности соответствующих функций. Очевидно, что все взаимосвязи нельзя установить однозначно, так как эти процессы слабоструктуризованные, поэтому окончательное решение по выбору типажа модели можно принять в результате анализа переменных, характеризующих взаимосвязи.

8. Заключение

Данная работа не претендует на охват всех вопросов по указанной проблеме, однако, ее основные положения можно рассматривать как введение в теорию и практику создания технологии моделирования многофакторных и слабоструктурированных процессов. В частности, возникают задачи редукции информационного пространства для принятия решений. Во-первых, задача совместного анализа качественных и количественных переменных, характеризующих процесс высоких технологий. В самом деле, эти технологии являются принципиально новыми, непрерывно развивающимися и для них далеко не всегда удается сформировать соответствующие системы измерений. В этом случае остается только одно решение - совместно изучать количественные и качественные характеристики, создавая при этом системы измерений и оценки результатов в реальном времени. Во-вторых, задача группирования переменных с целью установления степени структуризации процессов. Прямая цель решения этой задачи направлена на выявления качества взаимосвязей как для каждого элемента отдельно, так и для процесса в целом. Для решения поставленных задач естественно использовать метод анализа соответствий и метод группирования, позволяющие синтезировать имеющуюся информацию. В перспективе для

исследуемых процессов планируется разработать номограмму для принятия решения по сложным физико-химическим процессам с целью выявления, классификации и упорядочения циркуляционных нагрузок.

Однако это только часть проблемы. Другая проблема - определение функциональности объекта, связана с упорядочением технологического процесса с точки зрения физической реализации и управления. Соответствующие подходы к решению этих задач будут представлены в следующих публикациях.

Автор выражает искреннюю благодарность Данилову В.И., Кореневу С.А., Полуяну В.М., Пузынину И.В., Сисакяну А.Н., Федяину В.К., Чекеру А.В. за многолетнее сотрудничество по разработке, созданию и внедрению новых технологий.

Приложение 1

Использование новых технологий с применением магнитных полей, пучковой технологии и процессов сорбции

1. Утилизация токсичных и вредных химических веществ путём воздействия электронными пучками.
2. Герметизация контейнеров с вредными и токсичными химическими соединениями с использованием пучковых технологий для последующего длительного хранения.
3. Получение этиленгликоля электронно-пучковым методом.
4. Модификация физико-химических свойств полупроводниковых материалов, кристаллов и металлов пучковыми воздействиями.
5. Синтез материалов, неустойчивых в нормальных условиях.
6. Применение градиентного магнитного поля для обработки посевного материала, почвы и воды с целью улучшения качества сельскохозяйственной продукции, повышения урожайности и эффективности производства.
7. Использование адсорбции при очистке и анализе нефти и газа при их транспортировке по трубопроводу.
8. Создание измерительно-вычислительных комплексов управления сложными объектами.
9. Изменение физико-химических свойств воды и нефтепродуктов при комплексном воздействии магнитными, электромагнитными и акустическими полями.
10. Методы структурирования и пакетирования жидких сред.
11. Новейшие технологии утилизации ядерных и химических отходов производства.
12. Способы записи, хранения и передачи информационных свойств биологически активных веществ.

Литература

1. Самойлов В.Н. Высокие технологии – приоритетный объект устойчивого развития // Международная конференция "Региональные проблемы в стратегии устойчивого развития России". Москва, МЦОС. 1997.
2. Айрян Э.А., Баструков С.И., Касчиев М.С., Самойлов В.Н., Подгайный Р.В., Пузынин И.В., Фёдоров А.В., Червяков А.М. Численное моделирование термальной обработки поверхности металла сильноточным пучком. // Краткие сообщения ОИЯИ, №6[86] – 97.
3. Самойлов В.Н., Федянин В.К. Адсорбция углеводородов цеолитами. Калориметрия и динамика. // 3 Международная научная конференция. Тверь. 1998.
4. Самойлов В.Н., Федянин В.К. Полимолекулярная физическая адсорбция при учёте взаимодействия в адсорбате. // 3 Международная научная конференция. "Математические модели нелинейных возбуждений, переноса, динамики, управления в конденсированных системах и других средах". Тверь. 1998.
5. Амирханов И.В., Пузынин И.В., Самойлов В.Н., Федянин В.К., Холмуродов Х.Т. "Моделирование термоупругих эффектов при ионной бомбардировке металлов". // Препринт ОИЯИ. P2-98-63. 1998.
6. Amirhanov I., Fedyanin V., Kholmurodov Kh., Puzynin I., Samoilov V. THE THERMOELASTIC EFFECTS IN THE ION AND ELECTRON TREATMENT OF SOLID". // 12th International conference on High-Power particle, BEAMS'98 HAIFA, ISRAEL. 1998. In press.
7. Amirhanov I., Fedyanin V., Kholmurodov Kh., Puzynin I., Samoilov V. A MODEL OF INTERACTION OF THERMOELASTIC STRENGTH PULSES IN METAL'S UNDER THE INFLUENCE OF PERIODIC ION SOURCES. // 12th International conference on High-Power particle, BEAMS'98 HAIFA, ISRAEL. 1998. In press.
8. Korenev S.A., Puzynin I.V., Samoilov V.N., Sissakian A.N. HIGH POWER PULSED NEUTRON SOURCE FOR ELECTRONUCLEAR INSTALATION. // Proceedints of the second International Conference on Accelerator-Driven Transmutation Technologies and Applications. V.2, p.921. 1998.
9. Вилкас Э.И., Майминас Е.Э. Решения: теория, информация, моделирование. –М.: Радио и связь, 1981, -285с.
10. Методология исследования развития сложных систем (естественно научный метод). Ред. Кратца К.О. и Елисеева Э.Н. –Л: Наука, 1979. – 315с.
11. Негоце Э. Применение теории систем к проблемам управления. Пер. с англ. –М.: Мир. 1981. –179с.
12. Clementson A.T. Extended control and simulation language// Computer Yorn., v.9 1966, -215p.
13. Иванов М.М., Иванов С.Ю., Солодовников И.В. Применение имитационного моделирования в задачах проектирования ГАП // "Автоматизация, роботизация, интеллектуализация производства". Меж. вуз. Сбор. –М.: МИЭМ, 1987. – с. 34-43.
14. Кини Р.Л., Райфа Х. Принятие решений. –М.: Советское радио. 1972 –550 с.
15. Розен В.В. Цель – оптимальность - решение. –М.: Радио и связь. 1982. –244 с.

16. Федянин В.К., Пузынин И.В., Холмуродов Х.Т. Влияние активных комплексов в активной системе адсорбат-адсорбент на процессы переноса //ЖФХ. –М.: 1995. –т.69, №3, с. 492-495.
17. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента для поиска оптимальных условий. - М.: Наука, 1976. – с.14.
18. Азаров С.С., Шемшур А.В. Моделирование непрерывных и дискретных систем с использованием пакета EASP - IV. // ИК АН УССР. - Киев: 1979. – 36с.

Рукопись поступила в издательский отдел
14 апреля 1999 года.