



**ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Дубна

P10-2000-182

В.Н.Самойлов

**ТЕХНОЛОГИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ПОДДЕРЖКИ СЛОЖНЫХ ПРОЦЕССОВ**

Направлено в журнал «Автоматизация проектирования»

2000

1. Введение

Разработка и развитие современного информационного обеспечения сложного технологического процесса представляет актуальную проблему, объединяющую в единый комплекс как выявление природных закономерностей процессов и информационных связей между ними, так и их адекватное отображение в информационное пространство. В свою очередь, технологический процесс порождает информационную структуру, представляющую систему моделей природных процессов и разнородных логических, эвристических и информационных связей, являющихся отражением природных, зачастую вначале не выявленных связей. При этом информационная структура как модель технологического процесса, развиваясь по своим законам и непрерывно используя информацию о реальном процессе и аналогичных ему, может служить инструментом для прогнозов и оптимизации рассматриваемого технологического процесса [1, 2]. Еще большую актуальность имеет проблема разработки обобщенной информационной структуры для класса разнородных по природе новых технологических процессов, объединенных понятием «высокие технологии» [29]. Здесь на первый план выступают такие задачи, как выявление классов типовых информационных структур и разнородных связей между ними, правила их эволюции. Для эффективного и качественного функционирования такая информационная структура должна включать, помимо баз знаний и банков данных [2], еще и адекватные компьютерные структуры.

В настоящее время на основе анализа и обобщения различных моделей реализованных нами технологических процессов и их информационных структур [1–28] решена проблема разработки типового информационного обеспечения для класса разнородных развивающихся физико-химических процессов получения материалов с новыми свойствами путем воздействий на них пучками заряженных частиц, магнитными полями и физической сорбцией. В работах [1, 29–37] раскрыта технология структурно-функционального и системного моделирования структурированных и слабоструктурированных процессов. Перечислим исходные предпосылки, которые позволят продвинуться вперед при решении проблем моделирования неструктурированных процессов: структурирование знаний [38–41],

дальнейшая разработка методик информационного анализа моделей развивающихся процессов с учетом всех видов связей между подпроцессами [1–3, 29–37, 42], построение структурно-функциональной модели целей сложных процессов на основе процедур «измерение – оценка – принятие решения» и создание автоматизированной информационной системы с разнообразными источниками формирования базы знаний и банка данных [2, 43]. Реализация этих предпосылок сталкивается с определенными трудностями [1], для преодоления которых необходима разработка соответствующих методологии и технологии.

В данной работе предложена методология и технология для анализа моделей неструктурированных развивающихся «объектов – систем – процессов». На основе анализа разработанных информационных моделей сформулирована обобщенная трехуровневая модель для исследования сложных систем. Эта обобщенная модель вместе с ее функциональным и информационным наполнением в виде разработанного комплекса алгоритмов, представляет основу предложенной автором технологии информационного обеспечения поддержки сложных процессов.

Структура работы следующая. В разделе 2 предложена структурно-функциональная модель обратной связи технологического процесса. В разделе 3 построены информационная модель формирования структурно-содержательных характеристик функционирующих объектов и системная модель для проведения комплексных исследований сложных развивающихся и неструктурированных процессов. В разделе 4 сформулирована и классифицирована обобщенная трехуровневая информационная модель формирования устойчивого развития сложных систем. Предложены основные принципы оценки эффективности устойчивого развития объектов.

2. Структурно-функциональная модель обратной связи для технологического процесса

В работах [29–33] было показано, что существует противоречие между различной степенью функционального описания конкретных технологических процессов и упорядоченным формализованным представлением вычислительных комплексов и систем. Для устранения данного противоречия

предлагается методика выявления соответствия информационного описания технологического процесса и его информационной или математической модели по показателю «ресурс – потребность – непрерывность» [1].

В результате анализа опыта создания информационных систем и методов их реализации в физических экспериментах и технологических процессах [1–16, 24, 25, 28] напрашивается вывод, что попытка установить указанное соответствие по показателю «ресурс – потребность – непрерывность» сталкивается с проблемой обеспечения функциональной взаимосвязи технологического процесса и его информационного отображения. Такие процессы были выделены в отдельный класс «высоких технологий», рассматриваемых как циклические процессы с обратными связями, уровень стабилизации которых близок к уровню устойчивости прямых связей [29].

Ставя перед собой задачу минимизации циклических нагрузок как основного критерия обеспечения непрерывности процесса, автор попытался рассмотреть эти вопросы через призму понятия «высокие технологии» [29]. Такое решение может иметь место только в том случае, если в основу принципов структурирования закладывается не получение структур как конечного продукта, а возможность рассмотрения модели технологического процесса, подобно информационной технологии с присущими ей соответствующими процедурами, обратные связи между которыми одновременно должны поддерживать две функции:

- 1) устанавливать и поддерживать соответствие между составляющими процесса по значению показателя «ресурс – потребность – непрерывность»;
- 2) непрерывно выявлять новые требования к структурно-содержательному составу функциональных характеристик, обеспечивающих процедуры п. 1.

При этом показатель «ресурс – потребность – непрерывность» может рассматриваться как сравнимое множество параметров и для ресурса, и для потребности при непрерывном функционировании процесса, а непосредственно само сравнение параметров должно допускать функциональную реализацию по одноименным характеристикам. Другими словами, процедура сравнения должна предусматривать возможность реверсивного

изучения «ресурса» и «потребности» по единым структурно-содержательным характеристикам, рассматриваемым для каждого конкретного случая как множества одноименных переменных одного сравнимого вида и характера.

Такая постановка задачи подразумевает единое информационное описание составляющих технологического процесса и формирование модели установления альтернативного соответствия, в которой реализуется критерий соответствия, то есть соответствия функциональных структур «ресурса», «потребности» и «непрерывности». Функциональное соответствие позволяет рассматривать все характеристики составляющих по функциональным признакам: от параметров и структур до последовательных процедур, реализующих технологические решения и получение результата.

Высказанное утверждение проиллюстрировано на примере рассмотрения модели обратной связи как индикатора и критерия соответствия «ресурс – потребность – непрерывность» при непрерывном функционировании процесса (рис. 1). Схема модели представлена в виде блоков трех основных процедур, объединенных прямыми и обратными связями. Основными условиями функционирования процесса являются процедуры постановки задачи, формирования технического задания и получения результата [2]. Обратная связь предусматривает возможность установления соответствия между всеми блоками процедур или их частями.

Конкретные задачи могут включать различные комбинации структурно-содержательных составляющих процедур, при этом наличие обратной связи является постоянным условием рассмотрения развивающегося процесса. Состав характеристик процедур и обратной связи по своей природе всегда является переменным. *Независимо от вида и характера решаемых задач остается неизменным выполнение правила – обязательное установление соответствия между всеми составляющими процедур технологического процесса.*

Таким образом, структурно-содержательные характеристики процедур по виду и форме должны быть представлены типовыми алгоритмами:

- для первой процедуры (рис. 1, бл.1) – типовая технология с типовыми по форме информационными моделями описания задач на основе ад-

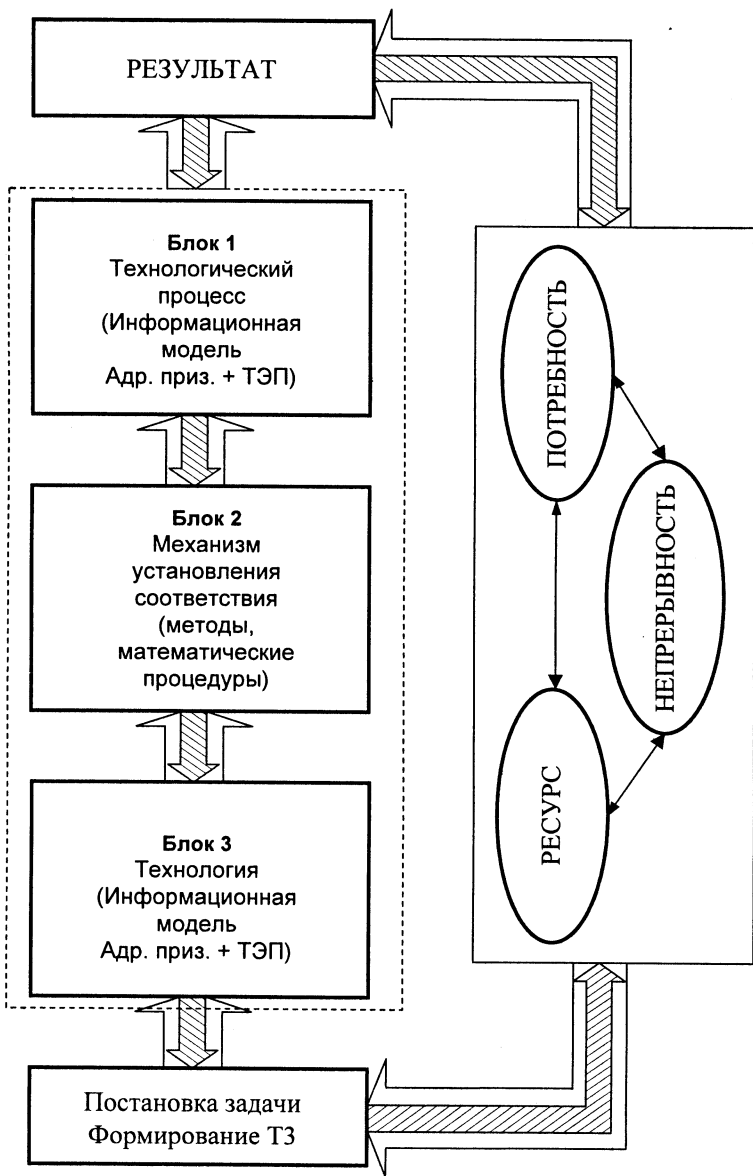


Рис. 1. Модель обратной связи при непрерывном функционировании технологического процесса – индикатор и критерий показателя соответствия «ресурс – потребность – непрерывность» (ТЭП – технико-экономические параметры; ТЗ – техническое задание)

ресных признаков, устанавливающих координаты «объекта – системы – процесса» и типового набора классификационных содержательных признаков;

- для второй процедуры (рис. 1, бл. 2) типизируются методы и пакеты прикладных программ, цель которых – реализация механизма установления соответствия согласно обратной связи;

- для третьей процедуры (рис. 1, бл. 3) применяются те же структурно-содержательные характеристики, что и для первых двух.

Модель обратной связи, следовательно, можно рассматривать как типовую для класса высоких технологий, то есть для технологий с наличием всех названных элементов. Такое утверждение необходимо для общего понимания и представления структуры процессов высоких технологий. Однако отличительным свойством этого класса процессов является не только наличие циклических нагрузок, *но и различие по содержанию, отдельным признакам и по всему многообразию сочетаний структурно-содержательных характеристик*. Поэтому приведенная модель обратной связи (рис. 1) не может полностью отражать весь набор характеристик, в связи с чем целесообразно представить наполняемость этой модели в виде последовательности аналогичных моделей или «черных ящиков», каждый из которых на входе является выходом из предыдущего «черного ящика». Число моделей может быть велико, поэтому их минимально необходимое количество рассматривается в качестве условной границы определения соответствующего объекта. В качестве критерия для установления границ функционирования «объекта – системы – процесса» как целого, а также его составляющих, автор предлагает рассматривать соответствие функциональных составляющих процесса и его информационной модели по показателю «ресурс – потребность – непрерывность» в каждый заданный момент времени. Наличие в процессах хотя бы одной из составляющих представляет повышенные требования к развитию процесса в целом, выделяя при этом два класса задач: 1) структурирование процесса; 2) выделение характера и содержания обратных связей.

Взаимосвязь результатов решения двух указанных классов задач определяет, по существу, уровень стабилизации процесса. Для процессов

высоких технологий этот уровень может быть обеспечен за счет применения внешних воздействий [1].

3. Информационные структуры для моделирования сложных систем

Опыт создания сложных технологических процессов [17–28], природа которых включает многоуровневые физико-химические закономерности, объективно приводит к конструированию типовых информационных моделей этих процессов.

Информационная модель для формирования структурно-содержательных характеристик «объекта – системы – процесса» (рис. 2) включает следующие элементы: «1-N» – структурно-функциональные составляющие технологических процессов, «L» – взаимосвязи между составляющими «1-N» – «K», где «K» – переменная структура (А, Б, В, Г, Д, Е...), отражающая содержание либо проблемы или задачи, либо систему закономерностей. Составляющие «1-N» модели могут отражать: а) области кинетической и потенциальной информации; б) типажи; в) конкретные наборы параметров [2].

Представленная модель позволяет устанавливать возможные области формирования вариантов деревьев целей в соответствии со структурно-функциональными типажими процессов. При рассмотрении данной модели все ее составляющие принимаются априори равнозначными, включая и сам набор составляющих, и взаимосвязи, и набор параметров. В зависимости от конкретно поставленной задачи модель предусматривает наличие многофакторных связей при построении и выборе вариантов, состав и содержание которых определяется конкретными условиями задачи [2].

Сделаем попытку объединения в единое целое рассмотренных ранее информационных моделей, таких, как структурно-функциональная модель целей [3]; структурно-функциональная модель взаимодействия целей и технологического процесса [2]; схема проведения системного анализа [1]; системная модель отображения процесса [1]; структурно-функциональная модель обратной связи технологического процесса (рис. 1); информационная модель формирования структурно-содержательных характеристик объекта (рис. 2). На рис. 3 представлена обобщенная системная модель

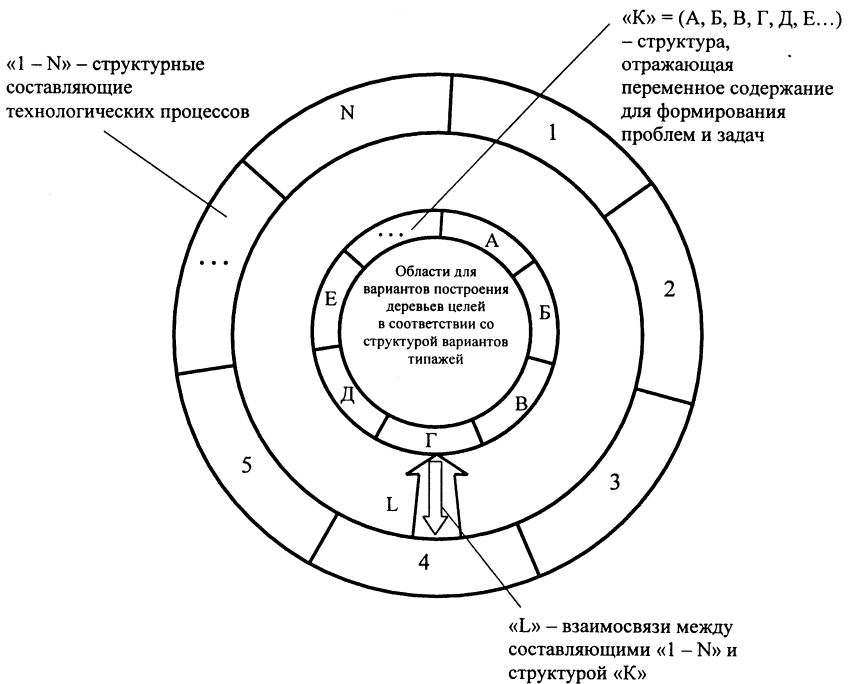


Рис. 2. Информационная модель формирования структурно-содержательных характеристик объекта

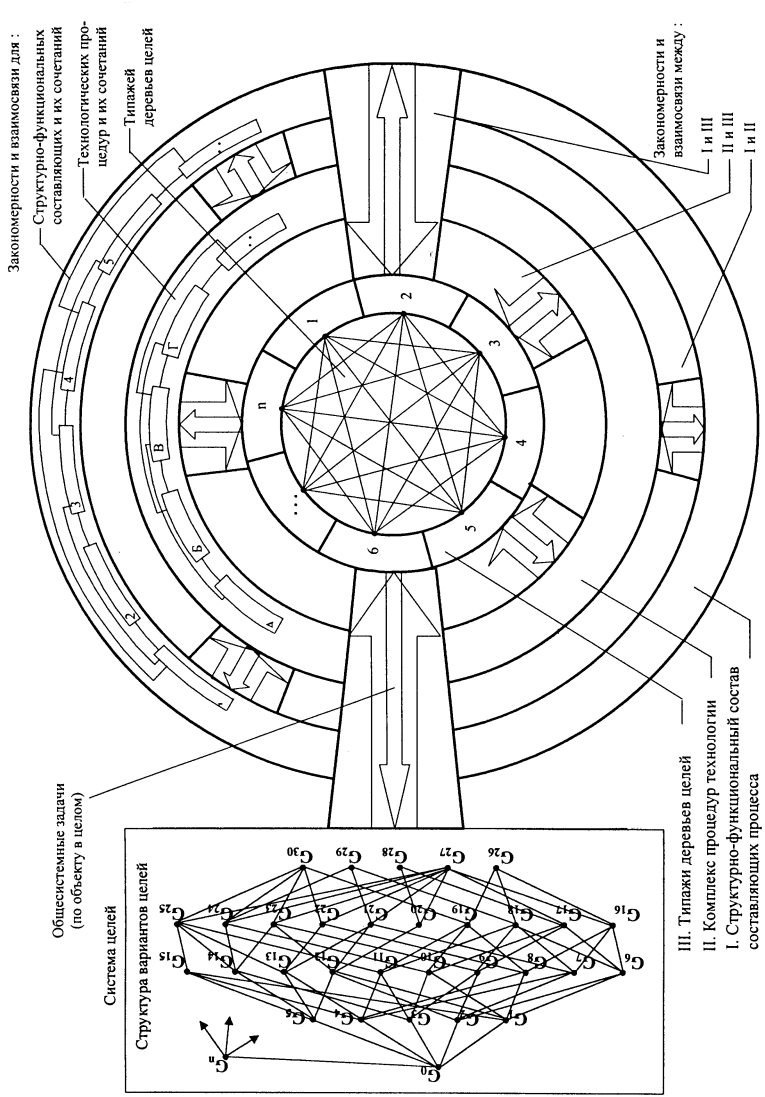


Рис. 3. Системная модель для проведения комплексных исследований сложных процессов

для проведения комплексных исследований сложных развивающихся процессов. Модель отражает основное назначение всех составляющих процесса, включающих как физико-химические модели технологического процесса, так и системный комплекс для обеспечения стратегии и тактики оценки и принятия решения. Системная модель позволяет установить закономерности и взаимосвязи не только для структурно-функциональных составляющих процесса и их сочетаний, технологических процедур и их сочетаний и типажей деревьев целей, но и между структурно-функциональным составом составляющих процесса, комплексом процедур технологии и структурой вариантов целей. Структура вариантов целей позволяет выявлять общесистемные задачи по «объекту – системе – процессу» в целом.

Постановку задачи и получение результата можно считать законченными на определенной стадии только в том случае, если в качестве критерия взаимодействия составляющих технологического процесса, составляющих процедур технологий и типажами деревьев целей введен механизм установления соответствия между любыми структурно-содержательными характеристиками независимо от вида и состава решаемых задач. Будем считать, что оптимальный структурно-содержательный состав критерия «ресурс – потребность – непрерывность» соответствует такому устойчивому функционированию рассматриваемого объекта и его составляющих, которое обеспечивает достижение результата с заданными характеристиками наиболее эффективным способом. Тогда значение показателя выполнения такого критерия соответствия примем за условную единицу (у. е.) при построении информационного описания сложных развивающихся «объектов – систем – процессов» [1].

4. Обобщенная трехуровневая модель формирования устойчивого развития технологических процессов

Анализ разработанных информационных моделей и структур привел к возможности создания обобщенной трехуровневой модели формирования устойчивого развития сложных «объектов – систем – процессов». Под трехуровневой моделью понимается объединение отображения в инфор-

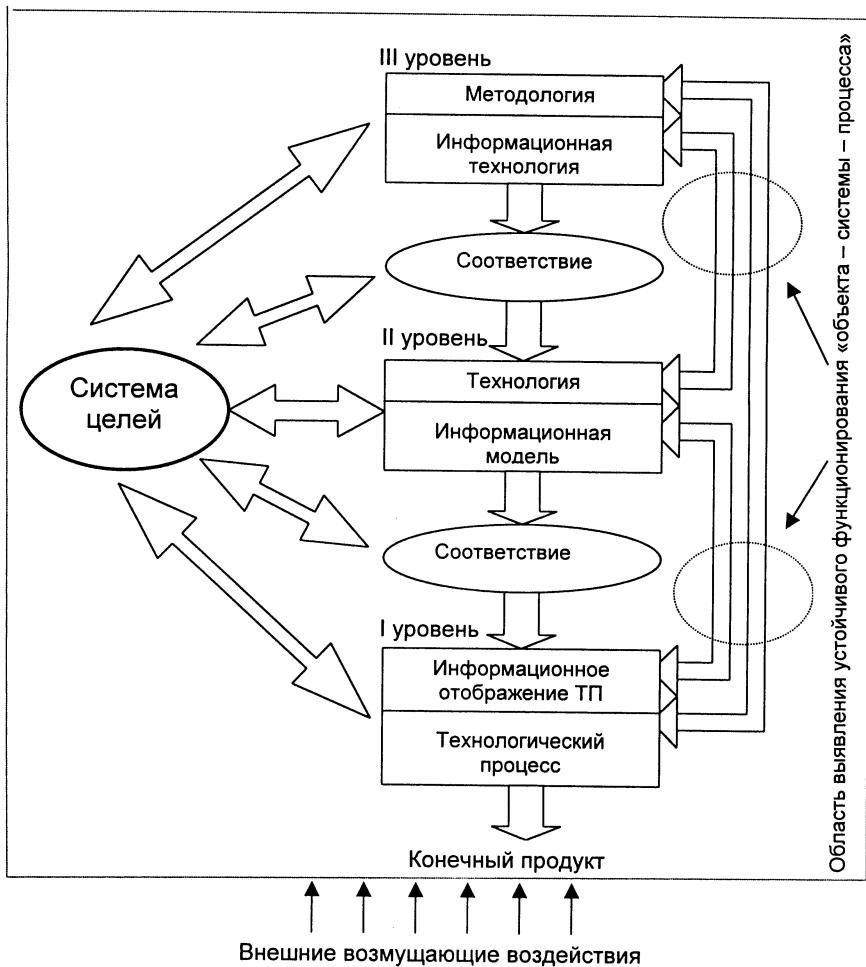


Рис. 4. Обобщенная трехуровневая информационная модель формирования устойчивого развития сложных систем

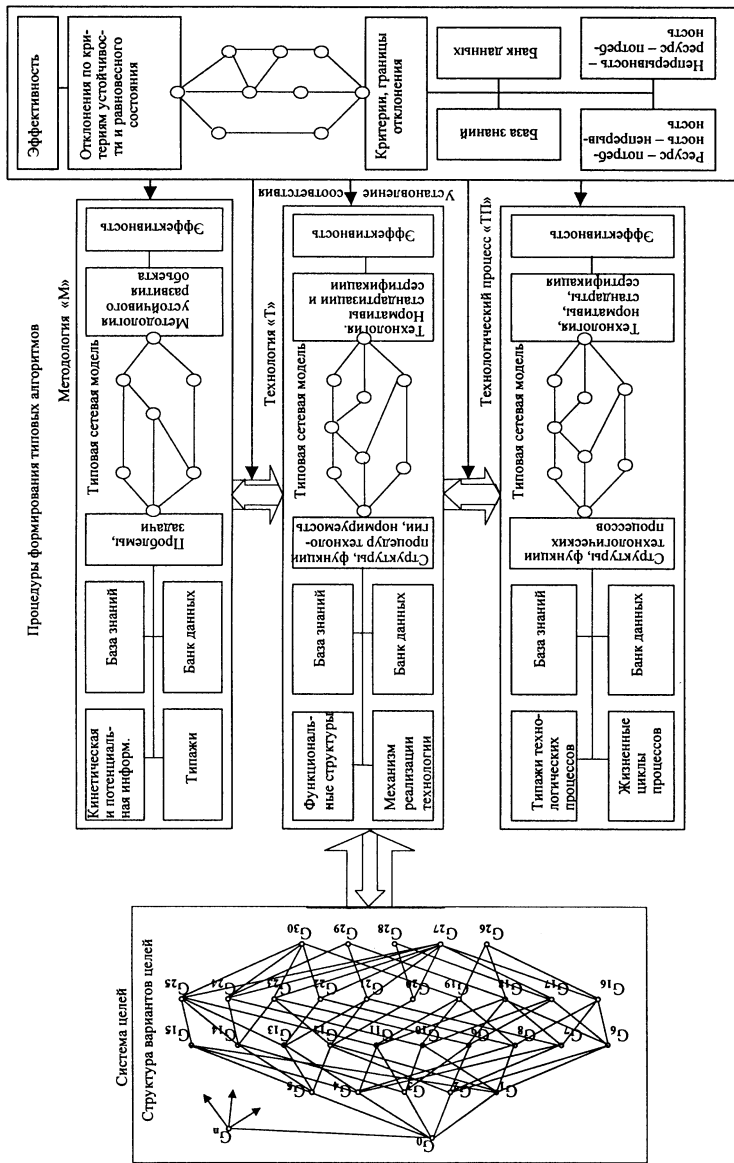


Рис. 5. Системная структурно-функциональная модель исследования развивающихся систем

мационное пространство самого технологического процесса, включающего природные процессы и их связи (I уровень), информационную модель процедур технологии (II уровень) и методологию для выявления на уровне моделей новых процессов и связей между ними (III уровень) (рис. 4). Это единство направлено на достижение конечной цели – получение наиболее эффективным способом требуемого продукта производства с заданными характеристиками. Соответствующий комплекс алгоритмов, формирующих систему решений, рассматривается как единая структура взаимосвязанных процедур «измерение – оценка – принятие решения». Вопросы, объединенные в этом комплексе, по сути, являются проблемными направлениями возможных путей принятия решения и отличаются друг от друга разноуровневостью содержания, степенью формализации и характером динамики. С методологической позиции все эти направления предлагается рассматривать в едином ключе, максимально типизируя не только структуры, но и содержательные характеристики. Независимо от этапов и стадий решения все три направления алгоритмов построены на принципах сравнимости и адекватности сформулированным целям по критерию соответствия структурных составляющих «ресурс – потребность – непрерывность» для сложных развивающихся процессов. Остановимся на более детальном рассмотрении технологии реализации концепции соответствия в виде комплекса алгоритмов и программ, объединенных в единую информационную технологию, включающую: правила дифференциации кинетической и потенциальной информации, выявление и конструирование структурных технологических типажей, технологию формирования баз знаний и банков данных, типовые решения на основе системных методов определения эффективности [1, 3, 41]. Этот комплекс алгоритмов предусматривает возможность создания типовых решений процедур методологии, технологии, технологических процессов и процедур установления соответствия между ними. Названные процедуры включают единые технологические решения в виде сетевых моделей и объединены типовым целевым комплексом с переменной структурой.

На рис. 5 представлена трехуровневая модель в развернутом виде, которая позволяет проводить исследования многофакторных технологиче-

ских и неструктурированных процессов, находящихся на разных уровнях развития. Трехуровневая модель включает перечисленные ниже идентичные функциональные блоки.

- 1) Блок «кинетической и потенциальной» информации. Позволяет оценить достоверность имеющейся («кинетической») информации о процессе и возможность получения новой («потенциальной») информации из смежных процессов и установить соотношение между ними.
- 2) Блок структурно-функциональных типажей процесса. Предназначен для классификации составляющих процесса и соответствующей информации.
- 3) Блок реверсивных базы знаний и банка данных. Построен на основе сочетания кинетической и потенциальной информации и структурно-функциональных типажей процесса.
- 4) Блок формулировки цели в виде проблем и задач и классификации соответствующей информации.
- 5) Блок построения сетевой модели. Отражает функционально- типовые структурные модули, строящиеся на единых принципах типизации информационных связей;
- 6) Блок управления устойчивым развитием процесса. Построен в виде типовой информационной модели, структура которой постоянна, а содержательное наполнение перемененно и обуславливается конкретной целью.
- 7) Блок критериальной оценки эффективности и устойчивого развития процесса на основе соответствия структурных составляющих «ресурс – потребность – непрерывность» сложных развивающихся процессов.
Конечными результатами каждого уровня модели, соответственно, являются (рис. 5):
 - методология определения устойчивого развития «объекта – системы – процесса»;
 - технология обеспечения равновесного состояния «объекта – системы – процесса»;
 - формулировка условий получения конечного продукта с заданными характеристиками.

Трехуровневая модель вместе с описанным выше структурно-функциональным наполнением блоков и комплексов алгоритмов, объединенных в автоматизированную информационную систему, представляет собой новую информационную технологию. Ввиду того, что информационные модели технологического процесса и процедур технологии представлены в работах [1–3, 29–37], остановимся подробно на рассмотрении информационных моделей II и III уровней и технологии установления соответствия между ними (рис. 6). Системная модель включает направление 1 – «методологическое» (М), направление 2 – «соответствие» (С) методологии и технологии формирования функций и целей на основании критерия «ресурс – потребность – непрерывность», отражающее содержание и функции контроля системного тестирования в любой заданный момент времени, направление 3 – «технологическое» (Т).

Состав модели «методология» включает следующие функциональные блоки: кинетическую и потенциальную информацию; типаж; базы знаний и банка данных; разделение на проблемы и задачи; построение сетевой модели; построение модели устойчивого развития «объекта – системы – процесса»; определение эффективности процесса.

Сама методология предполагает значительную неопределенность, и выходом из этого блока является модель формирования устойчивого развития процесса, которая исходит из определения понятий проблемы и задачи на уровне тех характеристик, которыми мы оперируем (кинетическая и потенциальная информация, типаж). База знаний и банк данных представляют реверсивную систему, возникающую из сочетаний кинетической и потенциальной информации и типажей. Выделение проблемы или задачи дает возможность создания сетевой модели на уровне структуры содержательных характеристик.

В результате вырабатывается методология устойчивого функционирования объекта. Поскольку введены характеристики, сравнимые на одном уровне, мы можем оценить уровень эффективности построения методологии, т.е. степень адекватности рассмотрения вопросов с одной степенью соответствия. В конечном результате получаем *эффективность как меру*

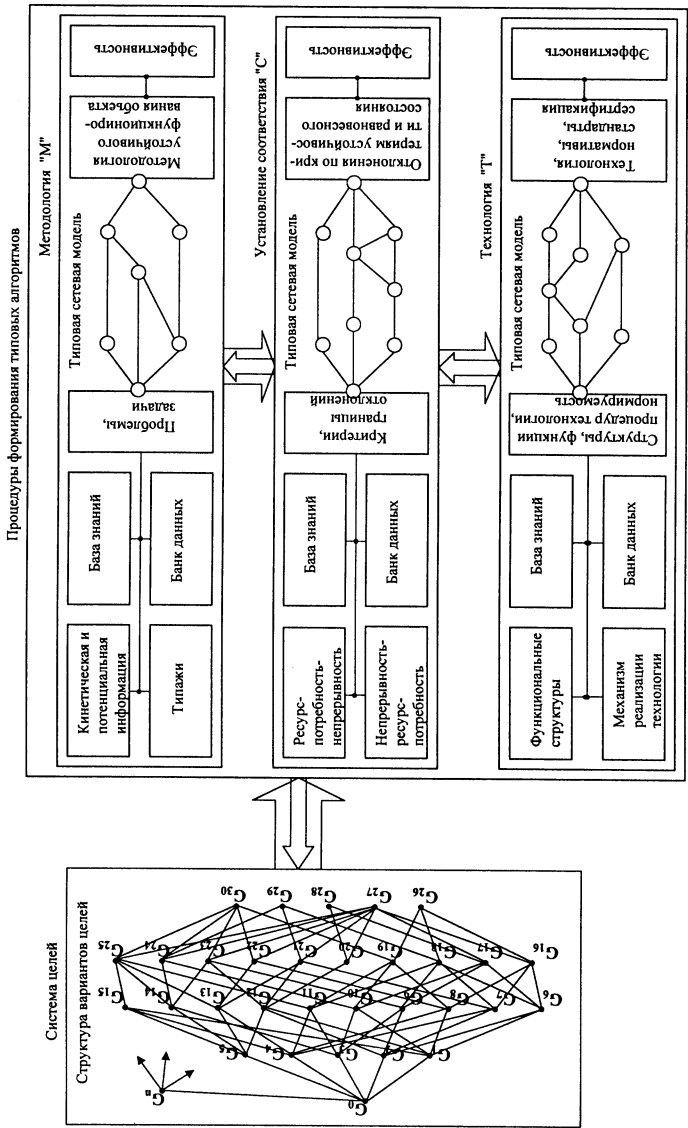


Рис. 6. Системная модель формирования и функциональной поддержки сложных процессов по типовым алгоритмам

соответствия «ресурс – потребность – непрерывность» на уровне модели «методология».

Модель «технология» включает аналогичные функциональные блоки. База знаний и банк данных также реверсивные, но здесь реверсивность – уточнение характеристик уровня стандартизации и сертификации. Результатом является построение оптимальной модели технологии в границах регламентации и сертификации по критериям, обеспечивающим устойчивое функционирование и равновесное состояние объекта. На выходе оцениваем эффективность выбранной технологии в качественных и количественных показателях, характеризующих степень достижения поставленных целей. Отметим, что если в моделях методологии и технологии фигурируют качественные показатели и количественные меры, то в модели соответствия присутствуют относительные характеристики, т.е. соответствие «ресурс – потребность – непрерывность». *Таким образом, в первой модели исходными данными являются проблемы и задачи, в третьей модели – числа, значения и т.д., а во второй модели исходными данными являются различные типы структурных сетей в виде условных типов (типов моделей).*

Система целей – это открытая модель соотнесения возможных результатов к структурно-функциональным типажам [2], иными словами, – основной критериальный блок выбора и обоснования целей, который направлен на системную оценку процедуры «измерение – оценка – принятие решений» по отношению к любой точке процесса создания методологической или технологической модели и модели их соответствия. Результатом работы блока системы целей является формирование структурно-содержательных характеристик обратных связей. Здесь эффективность, по сути, та же самая, но эффективность выбранного варианта структуры целей будет тем выше, чем понятнее структура сетевой модели. Система функциональных целей для любой точки «объекта – системы – процесса» позволяет решать проблему снятия неопределенностей при принятии решений.

Названные выше направления М, Т и С (рис. 6) представлены в виде типовых сетевых моделей, которые, в отличие от общепринятых сетей для

решения конкретных задач, отражают функционально типовые структурные модули, строящиеся на единых принципах типизации информационного взаимодействия, и обладают главным свойством – инвариантностью, независимо от этапов, процедур и очередности регламентации и объединения последних. Таким образом, с позиции структурного решения все три направления представляют собой открытые динамические модели с переменным характером наполнения информацией и с типовой технологией решений в соответствии с реализацией одноразового ввода информации и многократного ее использования. Расшифровку элементов модели можно осуществить с различной степенью детализации в зависимости от реальных ситуаций. Одновременно такой методологический принцип *позволяет анализировать и непрерывно формулировать проблемы и задачи развития структурно-функциональной области нерешенных вопросов*. Здесь ставится задача по самоорганизации и развитию систем.

На схеме (рис. 6) отмечены три направления, связанные единой целевой функцией в заданный момент времени и значениями показателей границ непрерывности. Система целей предусматривает представление любого объекта в виде структурно-функциональных составляющих. Принцип ее построения распространяется на все три составляющие М, Т, С в любых сочетаниях, как по направлениям в целом, так и по отдельным элементам составляющих. Структурно-функциональная модель целей является приоритетной при постановке конкретных задач, что позволяет обеспечить реализацию главного системного принципа, применяемого для каждого конкретного условия, – формирование критериев необходимости, достаточности и полноты информации. Признаком выполнения этого условия является обязательное правило – соблюдение комплекса логических условий: «и», «или», «если... то» для решения каждого локального вопроса. В результате структурно-функциональная модель целей позволяет объединять непрерывно возникающие вопросы по любым сочетаниям составляющих, а объединение последних посредством соответствующих обратных связей позволяет формировать гибкие структуры, переменные по содержанию и постоянные по форме и информационному отображению. Содержательное наполнение информационных потоков системы остается неизменным и

всегда реализуется с помощью типового запроса в автоматизированные информационные системы.

Три направления, показанные на схеме (рис. 6), реализуются как единая информационная технология, включающая типовые информационные характеристики с указанием адреса и состава параметров для всех элементов. Названные характеристики имеют одну типовую структуру, что позволяет выполнять процедуры по обработке информации независимо от ее вида и содержания. Отметим ряд особенностей названных направлений, отличающихся друг от друга по структурным и содержательным характеристикам. По структуре каждое из направлений включает: 1) функциональную структуру объекта; 2) типовую структуру сетевой модели реализации направления; 3) функциональную структуру конечного продукта.

Объектами являются структурно-функциональные составляющие, типовые по форме, но отличающиеся по содержанию. Если объекты методологического направления отражают свойства и границы кинетической и потенциальной информации, а также виды структурно-функциональных типов, то объекты технологического направления включают структурно-функциональные характеристики процессов, механизм реализации технологий. Объекты направления «соответствие» отражают типовую модель для реализации механизма установления соответствия по критерию «ресурс – потребность – непрерывность». В каждую из трех названных структур объектов включены структуры баз знаний и банков данных по соответствующему направлению: «методология», «технология», «соответствие».

Модели сетей по каждому из направлений строятся, в отличие от общеизвестных технологий построения сетевых моделей, не по заранее заданным количественным и качественным характеристикам, а как открытые гибкие образования с постоянным набором структурных элементов, но с переменным содержанием, конкретизация которых осуществляется в соответствии с заданной целью.

Конечными результатами реализации трех названных направлений являются: по первому направлению – методология устойчивого развития объекта в соответствии с целевой функцией; по второму – установление оценки и границ соответствия по критерию «ресурс – потребность – непре-

ривность» и показателей эффективности этого соответствия; по третьему – технология обеспечения равновесного состояния объекта. Эффективность, как и соответствие по критерию «ресурс – потребность – непрерывность», должна рассматриваться и оцениваться по отношению ко всем элементам направлений «методология – технология – соответствие».

Системная модель формирования и функциональной поддержки процессов по типовым алгоритмам предусматривает возможность выявления интегральных оценок по любой из составляющих (М, Т, С на рис. 6). Эти оценки формируются на основе базовой структуры вариантов цели [2, 3], что, в свою очередь, позволяет получать индикаторы для выбора соответствующих структурно-функциональных составляющих и максимально типизировать состав базы знаний и банка данных в функции общей цели. Последнее крайне важно, так как задача, которую поставил автор, позволяет получать не только отдельные локальные решения, но и *динамично отслеживать реверсивные процессы с точки зрения состава не только моделей «методология», «технология» и «соответствие», но и различных комбинаций по их составляющим.*

Безусловно, наиболее интересной проблемой является исследование динамического процесса установления соответствия. Сохранив общую технологию формирования и решения по системной модели в целом, автор рассматривает содержание процесса установления соответствия как систему отклонений от нормативов, позволяющую типизировать этот чрезвычайно сложный процесс, что в итоге позволяет более корректно разделять информацию на кинетическую и потенциальную. Если в процессе формирования методологии и технологии (М и Т) эффективность может быть рассмотрена только в привязке к заданной структуре целей, то эффективность установления соответствия (С) распространяется на структурно-функциональные и технологические типы. Последнее утверждение позволяет пересмотреть принципы нормируемости объектов, которые, в свою очередь, способствуют уточнению границ устойчивости сложного процесса по всем трем составляющим М, Т, С.

Предложенную систему тестовых алгоритмов изучения высоких технологий можно рассматривать в качестве методологической и технологиче-

ской основы формирования единой технологии системного тестирования. Системное тестирование включает процедуры формирования баз знаний и банков данных по изученным процессам высоких технологий, при постановке задач, выборе оптимальных путей решения и оценке эффективности полученных результатов [1, 2].

Модель обратной связи (рис. 1) может служить механизмом установления соответствия по структурно-функциональным и содержательным признакам всех составляющих технологического процесса. Разработка технологии системного тестирования является на сегодняшний день одним из перспективных научных направлений, актуальность которого резко возрастает с широким внедрением новых информационных технологий в реальные функционирующие процессы производственной деятельности и вновь создаваемые высокие технологии. Основное назначение системного тестирования автор видит: 1) в повышении эффективности исследований неструктурированных процессов; 2) в повышении качества управления в уже сложившихся технологиях; 3) при постановке и решении задач; 4) при прогнозировании возможного результата действий.

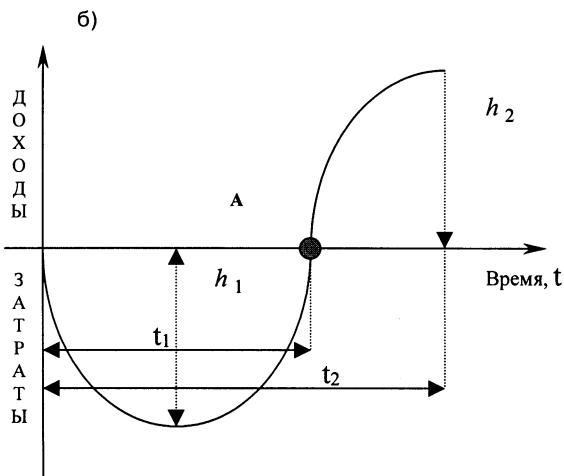
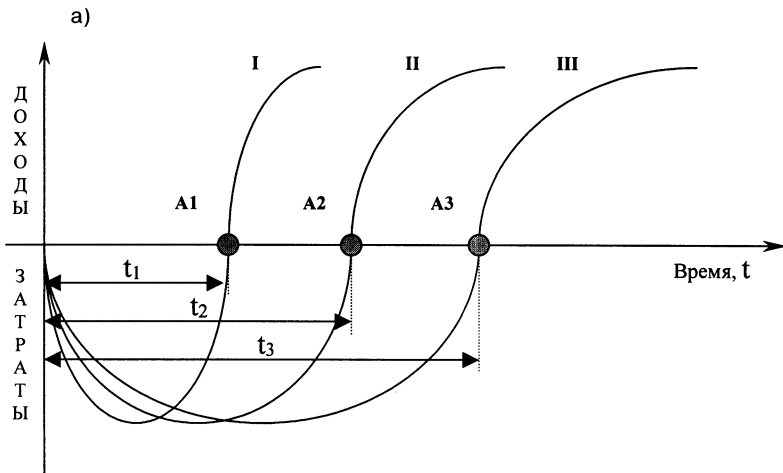
Остановимся на методологии и технологии оценки эффективности при моделировании сложных технологических процессов. Переход к моделированию устойчиво развивающихся «объектов – систем – процессов» предопределил не только создание других шкал измерения и нормативов функциональных характеристик, но и потребовал разработки необходимых принципов и критериев оценки эффективности.

Как отмечалось ранее, критериальной основой оценки эффективности качества и устойчивого развития высоких технологий служит взаимосвязь трех основных структурных составляющих «ресурс – потребность – непрерывность», которые рассматриваются во всех их проявлениях (материализованном, информационном, финансовом, правовом и т.п.). Такая постановка вопроса выявила необходимость переосмысления как самого понятия «эффективность», так и принципов ее оценки. Введение новых принципов и критериев системного тестирования потребовало более широкого масштаба представления объектов в совокупности с процессами жизнедеятельности. Слабо изученными являются именно потребительские свой-

ства класса высоких технологий, которые, в свою очередь, определяют меру полезности и эффективности функционирования объектов.

На рис. 7а представлены в обобщенном виде закономерности и выделены области перехода и оценки эффективности для различных форм организации предприятий. Кривые 1 – 3 в верхней части рисунка показывают характер и динамику затрат на создание высоких технологий в зависимости от объема затраченных ресурсов (финансовых, людских, технологических, экологических, правовых и др.) [42]. При этом государственные предприятия, отрасли, крупные корпорации, безусловно, обладают значительными ресурсами и могут реализовывать их в течение длительного времени t_3 . Небольшие частные предприятия, соответственно, имеют ограниченные по объемам и видам ресурсы и могут их расходовать в коротком интервале времени t_1 . Однако в любом из рассмотренных случаев сохраняется общая тенденция – сначала затрачиваются ресурсы в течение определенного времени, а затем предприятия начинают получать требуемую продукцию. Точки A_1 , A_2 и A_3 характеризуют переход от затрат к результату и всегда присутствуют для любого вида деятельности и масштаба предприятия.

При определении эффективности любого технологического, социального, политического и др. процессов главными факторами будут: величина затрат ресурса; интервал времени реализации ресурса и получения результата; критерии перехода к получению результата (рис. 7б). *Определяющую роль в установлении эффективности играет точка перехода A* , которая может быть представлена как система векторов, включающая различные аспекты жизнедеятельности (безопасность, экология, право, социальные и общественные отношения и др.). Только при рассмотрении и соотнесении результатов деятельности в каком-либо конкретном технологическом процессе (повышении урожайности сельхозпродукции, очистке нефти и газа, хранении и переработке отравляющих веществ и др.) [1, 17, 21–23] с требованиями по указанным аспектам можно говорить об эффективности и общественной пользе полученных результатов.



Условие эффективности:

$$h_2 > h_1$$

$$t_2 - t_1 \rightarrow \min$$

● А - система векторов:

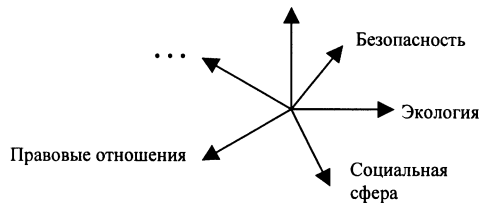


Рис. 7. Принципы оценки эффективности формирования устойчивого развития объектов

В заключение отметим, что трехуровневая модель вместе с описанным выше структурно-функциональным наполнением блоков и комплексом алгоритмов, включенных в автоматизированную информационную систему, представляет собой основу новой информационной технологии для сопровождения сложных развивающихся технологических процессов. Основные принципы и технология создания автоматизированной информационной системы рассмотрены в [43].

Автор благодарен А.Н. Кудинову за полезные советы и обсуждения при написании данной работы.

Литература

1. Самойлов В.Н. Технология моделирования сложных процессов. ОИЯИ, Дубна, 1999 г. – 198 с.
2. Самойлов В.Н. Технология разработки информационных моделей неструктурированных процессов. ОИЯИ. Р10-2000-181, Дубна, 2000 г.
3. Самойлов В.Н. Методы анализа информационных моделей неструктурированных процессов. ОИЯИ. Р10-2000-180, Дубна, 2000 г.
4. Никитюк Н.М., Самойлов В.Н., Шюсслер Р. «Устройство для преобразования унитарного кода в двоичный с асинхронным способом управления». ПТЭ, №2, 1984, с. 69-74.
5. Ажгирей Л.С., Акимова Г.Ф., Будкин Л.В., Взоров И.К., Зрелов П.В., Игнатенко М.А., Кожевников Ю.А., Кузнецов А.С., Самойлов В.Н., Столетов Г.Д. «Система пропорциональных камер магнитного спектрометра», ПТЭ, №4, 1987, с. 44-48.
6. Виноградов А.Ф., Говорун Н.Н., Елисеев Г.Н., Иванченко З.М., Кретов А.П., Мороз В.И., Проценко Н.А., Самойлов В.Н., Степанов В.Д., Чернышова Г.Н., Чулков Н.И. «Система для измерения камерных снимков на базе полуавтоматических измерительных приборов, работающих на линии с ЭВМ БЭСМ-4». ОИЯИ. 10-8783, Дубна, 1975. УСиМ, 1976, №3, с. 81-86, 25 с. с ил.
7. Бири Ш, Бутцев В.С., Бутцева Г.Л., Карлов А.А., Кемпфер М., Молнар Й., Нефедьева Л.С., Самойлов В.Н. «Аппаратурно-программный комплекс для исследования процессов фрагментации в ядро-ядерных соударениях». Р1-89-298, Дубна, ОИЯИ, 1989, 12 с.
8. Ажгирей Л.С., Самойлов В.Н. «Двухплечевой магнитный спектрометр для исследований в области релятивистской ядерной физики. (Установка МАСПИК-2)». Д2-82-568, Дубна, ОИЯИ, 1982; В кн: «Совещание по исследованиям в области релятивистской ядерной физики», Дубна, 1982, с. 89-91.
9. Stottlemire A.J., Heinberg C.L., Cowley P.J., Samoilov V.N., Checker A.V., Baumann M. «MPS&A Upgrades at the Joint Institute for Nuclear Research». 39th Annual Meeting Proceedings of the Institute of Nuclear Materials Management, Vol. XI, Naples, Florida, July 26-30, 1998 pp. 54-62.
10. Samoilov V.N., Checker A.V., Shestakov B.A., Dobrianskii V.M., Koltin G.P., Heinberg C.L., Cowley P.J., Stottlemire A.J. «Materials Tracking Information System: A Computerized Nuclear Materials Accounting System for Tracking Items at Russian Nuclear Facilities». 39th Annual Meeting Proceedings of

the Institute of Nuclear Materials Management, Vol. XXVII, Naples, Florida, July 26-30, 1998 pp. 122-131.

11. Добрянский В.М., Колтин Г.П., Коули П. Дж., Самойлов В.Н., Чекер А.В., Хайнберг С.Л., Шестаков Б.А. Автоматизированная система контроля и учета ядерных материалов ОИЯИ МТИС. Сб. докладов Международного семинара «Разработка информационной компьютерной системы УК ЯМ России», С.-Петербург, 10-15 мая, 1997.
12. Голованова Э.З., Горская Е.А., Добрянский В.М., Маканькин А.М., Пузынин В.И., Самойлов В.Н., Чекер А.В.. Комплекс программ контроля системы энергоснабжения сложного физического эксперимента, ОИЯИ Р10-99-63, Дубна, 1999, 15 с.
13. Горская Е.А., Логинов В.Н., Самойлов В.Н. Описание библиотеки программ для работы с модулями КАМАК через последовательный контроллер крейта КК011 и последовательный интерфейс ПИ021 (на базе инструментального пакета LabVIEW), ОИЯИ Р10-99-64, Дубна, 1999, 15 с.
14. Горская Е. А., Самойлов В. Н. Метод построения программного обеспечения многоканальной системы автоматизированного управления физическими экспериментами на базе инструментального пакета National Instruments LabVIEW, ОИЯИ Р10-99-65, Дубна, 1999, 10 с.
15. Горская Е.А., Самойлов В. Н. Описание комплекса программ автоматизированной системы управления ECR-источником ионов, реализованного в интегрированной программной среде LabVIEW, ОИЯИ Р10-99-66, Дубна, 1999, 18 с.
16. Горская Е. А., Добрянский В.М., Пузынин В.И., Самойлов В.Н., Чекер А.В. Программно-технический комплекс сбора, обработки и архивирования физической информации о цепной ядерной реакции на базе шины VMEbus. 1. Подсистема контроля энергоснабжения, ОИЯИ Р10-96-313, Дубна, 1996, 14 с.
17. Коренев С.А., Самойлов В.Н. Система разложения токсичных соединений. Патент РФ № 2132727, Российское агентство по патентам и товарным знакам, -М., 1999, 6 с.
18. Korenev S.A., Puzynin I.V., Samoilov V.N., Sissakian A.N. High power pulsed neutron source for electronuclear installation. The second international conference on Accelerator-Driven Transmutation Technologies and Applications, ISBN 91-506-1220-4 (2 volumes), Uppsala University, Department of Neutron Research, 1997, p. 921-924.
19. Korenev S.A., Puzynin I.V., Samoilov V.N., Sissakian A.N. The use of pulsed power ion/electron beams for studying of units of electronuclear re-

- actor. The second international conference on Accelerator-Driven Transmutation Technologies and Applications, ISBN 91-506-1220-4 (2 volumes), Uppsala University, Department of Neutron Research, 1997, p. 925-930.
20. Korenev S.A., Puzynin I.V., Samoilov V.N., Sissakian A.N. High current pulsed ion inductor accelerator for destruction of radioactive wasters. The second international conference on Accelerator-Driven Transmutation Technologies and Applications, ISBN 91-506-1220-4 (2 volumes), Uppsala University, Department of Neutron Research, 1997, p. 1061-1064
 21. Samoilov V.N., Fedyanin V.K. Consideration of interaction in adsorbate for polymolecular physical adsorption. E-17-98-358, Dubna, 1998, 10 p.
 22. Самойлов В.Н., Федянин В.К. Полимолекулярная физическая адсорбция цеолитами. Анализ состава и очистка газа в газопроводе. P17-98-360, Дубна, 1998, 24 с.
 23. Самойлов В.Н., Федянин В.К. Полимолекулярная физическая адсорбция цеолитами. Анализ состава и очистка нефти в нефтепроводе. P17-98-359, Дубна, 1998, 31 с.
 24. Амирханов И.В., Пузынин И.В., Самойлов В.Н., Федянин В.К., Холмуродов Х.Т. Модель взаимодействия импульсов термоупругих напряжений в металлах под действием периодического ионного источника. P2-98-201, Дубна, 1998, 10 с.
 25. Амирханов И.В., Пузынин И.В., Самойлов В.Н., Федянин В.К., Холмуродов Х.Т. Моделирование термоупругих эффектов при ионной бомбардировке металлов. P2-98-63, Дубна, 1998, 12 с.
 26. Полянский Д.В., Рыжков Ю.А., Круглова С.М., Самойлов В.Н. Извлечение битумной фракции из сапрогея. Физика кристаллизации, Сб. научных трудов, вып. 17, Тверь, ТвГУ, 1999. с. 101-103.
 27. Иванов А.М., Колесников А.И., Самойлов В.Н. Теоретическая оценка пределов прочности кирпича, содержащего известковые включения. Физика кристаллизации, Сб. Научных трудов, вып. 17, Тверь, ТвГУ, 1999. с. 97-100.
 28. Данилов В.И., Самойлов В.Н., Хованский И.Е. Об информационной модели эволюции молодежи кижуча в условиях искусственного магнитного поля. Моделирование сложных систем. Сб. научных трудов, вып. 2. Тверь, ТвГУ, 1999, с. 20-27.
 29. Самойлов В.Н. К вопросу о понятии «высокие технологии». Сб. научных трудов ТвГУ, вып. 1, Тверь, ТвГУ, 1998, с. 64-70.

30. Самойлов В.Н. Структурно-функциональное моделирование сложных эволюционных технологических процессов. Сб. научных трудов ТвГУ, вып. 1, Тверь, ТвГУ, 1998, с. 71-79.
31. Самойлов В.Н. Новый подход к информационной технологии моделирования сложных эволюционных процессов. Сб. научных трудов ТвГУ, вып. 1, Тверь, ТвГУ, 1998, с. 80-90.
32. Самойлов В.Н. Исходные предпосылки моделирования сложных технологических процессов. Сб. научных трудов ТвГУ, вып. 1, Тверь, ТвГУ, 1998, с. 91-104.
33. Самойлов В.Н. Составляющие и структурные типы в процессах высоких технологий. Сб. научных трудов ТвГУ, вып. 1, Тверь, ТвГУ, 1998, с. 105-115.
34. Самойлов В.Н., Петров Д.А. Жизненный цикл и нормируемость функциональных характеристик технологических процессов. Сб. научных трудов ТвГУ, вып. 1, Тверь, ТвГУ, 1998, с. 116-123.
35. Самойлов В.Н. Модифицированный метод анализа соответствий. Сб. научных трудов ТвГУ, вып. 2, Тверь, ТвГУ, 1999, с. 38-50.
36. Самойлов В.Н. Синтез состава информации методом группирования переменных, Сб. научных трудов ТвГУ, вып. 2, Тверь, ТвГУ, 1999, с. 51-63.
37. Самойлов В.Н. Информационная технология моделирования физических экспериментов и сложных систем, ОИЯИ, Р10-99-106, Дубна, 1999, с. 26.
38. Уэко Х., Кояма Т., Окамото Т., Мацуби Б., Исидзука М. Представление и использование знаний. Пер. с япон., под ред. Уэно Х., Исидзука М. –М.: Мир, 1989, -220 с., ил.
39. Осуга С. Обработка знаний. Пер. с япон. –М.: Мир, 1989. –293 с., ил.
40. Осуга С., Саэки Ю. Приобретение знаний. Перевод с япон. –М.: Мир, 1990, 304 с., ил.
41. Волкова В.Н., Денисов А.А. Основы теории систем и системного анализа. –Санкт-Петербург.: СПбГТУ, 1999, 512 с.
42. Капица С.П. Общая теория роста человечества. М.: Наука, 1999.
43. Добрянский В.М., Самойлов В.Н., Чекер А.В. Принципы функционирования и технология создания автоматизированной информационной системы для моделирования сложных процессов. ОИЯИ, Р10-2000-187, Дубна, 2000, 38 с.

Рукопись поступила в издательский отдел
1 августа 2000 года.

Самойлов В.Н.
Технология информационного обеспечения
поддержки сложных процессов

P10-2000-182

Предложена структурно-функциональная модель обратной связи технологического процесса. Построена информационная модель для выявления структурно-содержательных характеристик функционирующих объектов и системная модель для проведения комплексных исследований сложных процессов. Сформулированы основные принципы и критерии для оценки эффективности и устойчивого развития сложных процессов. Предложена и классифицирована обобщенная трехуровневая информационная модель формирования устойчивого развития сложных систем. Разработаны процедуры для построения типовых алгоритмов «измерение», «оценка», «принятие решения» по трем уровням методологии, технологии, технологического процесса. Построена система процедур установления соответствия между тремя уровнями модели, объединенная комплексом целевых функций «объекта – системы – процесса».

Работа выполнена в Лаборатории информационных технологий и Научном центре прикладных исследований ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2000

Перевод автора

Samoilov V.N.
Technology of the Information Software
for Supporting Composite Processes

P10-2000-182

The structure-functional model of feedback is proposed for a technological process. The information model is constructed for forming the structure-pithy characteristics of functioning objects, and the systematic model is developed for complex investigations of complex processes. Basis principles and criteria of efficiency estimations for formation and stable development of complex processes are formulated. The generalized three-level information model is developed and classified for formation of stable development of complex systems. The procedures for constructing type algorithms «measurement», «evaluation», «making a decision» by the three-level of methodology, technology, and technological process are elaborated. The system of procedures of establishing the correspondence between three levels of the model, unified by a complex of purposed up functions of «object – system – process», is built up.

The investigation has been performed at the Laboratory of Information Technologies and at the Scientific Center of Application Research, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2000

Редактор Е.К.Аксенова. Макет Н.А.Киселевой

Подписано в печать 07.08.2000

Формат 60 × 90/16. Офсетная печать. Уч.-изд. листов 1,47

Тираж 300. Заказ 52358. Цена 1 р. 77 к.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
Дубна Московской области