

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ ТРИАД¹

М.Б. Гузаиров, Б.Г. Ильясов, И.Б. Герасимова

Уфимский государственный авиационный технический университет

Рассмотрена целесообразность изучения сложных систем как упорядоченного множества элементарных систем в форме триад. Показано, что некоторые процессы, связанные с достижением цели или получением новых знаний можно представить в виде эвристической схемы последовательно связанных друг с другом триад.

ВВЕДЕНИЕ

В системном анализе весьма актуальна задача структуризации сложных систем и процессов, их целей, функций, поведения и т. д. [1]. Исследователи стремятся к созданию некоторой обобщенной, универсальной комплексной методики решения этой задачи.

В данной статье также делается попытка решения подобного класса задач на основе построения некоторых эвристических схем, представляющих собой соединение триад как элементарных систем, отражающих определенную процедуру без ее детализации. Это вызвано стремлением получить некоторые инвариантные структуры, отражающие интеллектуальную деятельность в процессе познания.

1. АНАЛИЗ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ТРИАД

При проведении системного анализа многие исследователи [1–3] пользуются понятием системы как целостного трехэлементного множества, не называя при этом ее триадой (тригоном, треугольником и т. д.). Другие же [4–6], наоборот, широко используют понятие триады, подчеркивая, что она есть элементарная открытая и целостная система, объединяющая три элемента (части, этапы и т. д.) в единое целое. Эта простейшая форма является одновременно и универсальной для представления системы. Все элементы триады равносильны, равноценны в том смысле, что без любого из них триада не существует. У триады как открытой системы сохраняются внешние связи (в пространстве и во

времени), чтобы, соединяясь с другими триадами, образовывать более сложные структуры.

Многие определения абстрактной системы S на теоретико-множественном уровне строятся именно в форме триад. Так, например, А. Холл и А.И. Уемов [6, 7] понятие абстрактной системы строят на следующей тройке элементов: «вещи (объекты) — связи (отношения) — свойства (атрибуты)». Л. фон Берталанфи [6, 7] определяет систему как триаду: «Совокупность элементов — Отношения — Среда». У Ю.А. Урманцева [6, 7] определение системы также основано на триаде:

$$S = \langle \Phi, H, L \rangle,$$

где Φ — множество первичных (базовых) элементов (подсистем), H — множество отношений (связей) между ними, L — множество законов и правил, позволяющее строить различные композиции (структуры, организации) из базовых элементов множеств Φ и H .

В некоторых определениях системы множество L исследователи заменяют на множество структур (Str), которое обеспечивает организованность системы и является результатом действия оператора L на множествах Φ и H . При этом под структурой системы понимается ее неизменная часть, состоящая из базовых элементов и связей между ними, образованных в результате выбранного способа декомпозиции системы и не зависящих от состояния системы и режимов ее функционирования. Отсюда следует, что при изучении сложной системы можно рассматривать несколько видов ее структур в зависимости от выбранных базовых элементов.

Конечно же, такая слишком упрощенная геометрическая интерпретация системы в виде треугольника, отражающая отношения между тремя системообразующими факторами, не могла удов-

¹ Статья публикуется в порядке обсуждения.

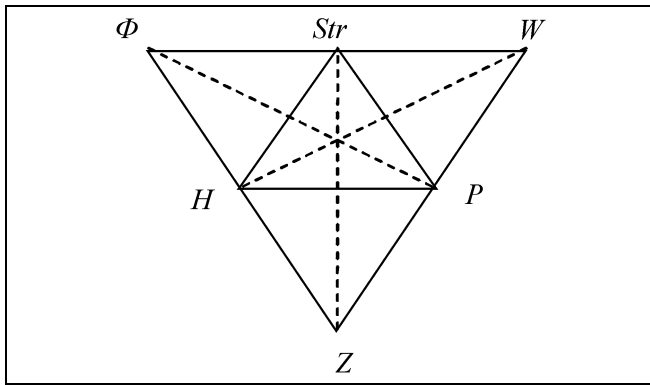


Рис. 1. Модель системы в форме триад

летворить исследователей и вызвала у многих из них объективные критические замечания. Со временем в определение системы стали добавлять новые системообразующие факторы [6, 7].

Например, рассмотрим понятие системы, основанное на шести системообразующих факторах:

$$S = \langle \Phi, H, Str, P, W, Z \rangle, \quad (1)$$

где P — множество параметров базовых элементов и связей между ними, W — интегративные свойства системы, Z — цели функционирования системы.

Систему (1) геометрически можно представить в виде соединения триад (рис. 1).

Общее число триад, содержащихся в данной системе, равно числу сочетаний из 6 по 3, т. е.

$C_6^3 = 20$. Проанализируем полученные триады как элементарные системы. Рассмотрим некоторые из них.

Триада « $Str - \Phi - H$ » раскрывает механизм образования различных структур (композиций) из элементов множеств Φ и H .

Триада « $Str - P - W$ » связана с формированием свойств системы на основе параметризации структуры, т. е. наделения элементов структуры определенными значениями параметров.

Триады « $Str - \Phi - Z$ », « $Str - H - Z$ », « $Str - P - Z$ » и « $Str - W - Z$ » раскрывают влияние как элементов структуры, так и самой структуры, а также ее параметров и свойств системы на формирование цели. В частности, заметим, что в общей теории систем известно положение, согласно которому поставленная цель может быть достигнута системой, имеющей вполне определенную структуру.

Триады « $Str - \Phi - W$ » и « $Str - H - W$ » позволяют активизировать влияние на формирование свойств системы как элементов структуры, так и самой структуры.

Триады « $W - Str - Z$ », « $W - P - Z$ », « $W - \Phi - Z$ » и « $W - H - Z$ » нацеливают на решение задачи согласования свойств системы и ее целей через структуру, параметры, связи и элементы.

Подобным образом анализируются и остальные триады в целях выявления тех элементарных системных задач, которые отражены этими триадами.

Далее система (1) может быть дополнена триадой развития системы:

$$S = \langle \Phi, H, Str, P, W, Z, C, R, F \rangle, \quad (2)$$

где C — множество стратегий развития (направления, технологии и алгоритмы самоорганизации, адаптации и т. д.), R — множество ресурсов, необходимых для развития, F — множество состояний внешней среды, ее влияние на систему.

Систему (2) также можно представить геометрически в виде соединения триад. Для этого в модель на рис. 1 необходимо вписать в треугольник с вершинами C, R, F . Теперь для исследования системы (2) необходимо проанализировать уже $C_9^3 = 84$ триады, т. е. дополнительно 64 триады.

Очевидно, что анализ сложных систем связан с анализом большого числа взаимосвязанных триад. В работах [1, 7] рассмотрен ряд подходов к анализу сложных структур, состоящих из большого числа структурных элементов. Для уменьшения их числа при анализе структур можно, в частности, идти двумя путями. Первый связан с разбиением общего числа триад на отдельные классы по тому или иному критерию, зависящему от целей исследования, и с последующим анализом этих классов. Результаты анализа свойств этих классов дают ответ на отдельные поставленные системные вопросы.

Второй путь связан с последующей интеграцией триад в более сложные композиции (компоненты). Например, модель системы на рис. 1 может быть представлена в виде одной триады:

$$S = \langle Str(P), W, Z \rangle, \quad (3)$$

где $Str(P)$ — параметризованная структура системы:

$$Str(P) = \langle Str, H(P), \Phi(P) \rangle,$$

где $\Phi(P), H(P)$ — параметризованные характеристики базовых элементов и связей между ними.

Конечно, при таком описании часть триад исключается из рассмотрения, и их влияние на свойства системы и на цели ее функционирования исследуются косвенно через параметризованную структуру.

Далее с учетом триады (3) систему (2) можно представить следующим образом:

$$S = \langle Str(P), W, Z, C, R, F \rangle. \quad (4)$$

Теперь анализ системы (4), вместо системы (2), сводится уже к анализу только 20-ти триад.

Таким образом, анализ сложной системы сводится к анализу множества триад, образованных из системообразующих факторов, включенных в понятие данной системы. Каждая триада позволяет формировать простейшие системные задачи. Исследование сложной системы заключается именно в постановке и решении этих системных задач на основе

триад. Однако нельзя познать полностью сущность системы, изучив лишь отдельные триады, а необходимо изучать в комплексе все множество взаимосвязанных триад, принадлежащих данной системе.

В качестве примера применения данного подхода рассмотрим системную модель разработки и эксплуатации нефтяного месторождения, построенную на основе триад.

Известно, что возможность повышения эффективности нефтедобычи связана с решением ряда взаимосвязанных задач таких, как энергоснабжение, совершенствование нефтедобывающего оборудования, достижение высоких экономических и экологических показателей и др. Многообразие задач, требующих своего решения в рамках общей проблемы снижения всех видов затрат на единицу добытой нефти и повышения нефтеотдачи продуктивного пласта, вызывает необходимость интеграции научных знаний из различных областей науки и техники.

Такая интеграция может быть осуществлена на основе триад, объединяющих в единую систему объекты различной физической природы, влияющие на процесс добычи нефти [8]. К ним относятся не только объекты нефтедобычи, но и различные технологии, свойства и структура продуктивного пласта, свойства самой нефти.

На рис. 2 представлена полная системная модель разработки и эксплуатации месторождения нефти. Здесь через триаду, стороны которой обозначены α_j , β_k , γ_j и т. д., условно характеризуют те закономерности, которым подчиняются отношения между элементами триад.

Отметим, что локальные триады, объединяясь, образуют единую глобальную триаду, стороны которой характеризуют такие отношения, как анализ свойств пласта и нефти, прогноз и синтез как целенаправленное формирование свойств пласта, а также управление как целенаправленное воздействие на продуктивный пласт. В структуре глобальной триады можно выделить отдельные слои (меридианы), которые характеризуются либо общностью объектов (как, например, технологии, свойства пласта и др.), либо общностью отношений (как, например, измерения, выбор режима и др.).

Вся глобальная триада замыкается через процесс управления, цель которого заключается в такой организации добычи нефти в целом, при которой достигается наибольшее (но не абсолютно максимальное) значение КИН. В работе [8] подробно анализируется каждая из триад.

Предложенная системная модель, по мнению специалистов, позволяет более глубоко и всесторонне описать историю разработки пласта и воссоздать текущее состояние месторождения в целом, а также максимально учесть возможные взаимосвязи различных факторов при долгосрочном и оперативном прогнозировании добычи нефти.

2. ОРГАНИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ К ЦЕЛИ В ВИДЕ ТРИАД

Покажем, что схему планирования действий человека, направленных на достижение цели, можно представить в виде системной модели, представляющей собой соединение триад. В основе всех этих триад лежит некоторая базовая (фундаментальная) триада: «Исходное (начальное) состояние — Технология (способ, алгоритм) перехода — Новое (конечное) состояние».

Предположим, что сформирована некоторая цель Z , полностью отражающая потребности человека. Пусть такой целью является выпуск некоторого количества продукции (например, автомобилей, двигателей, приборов и др.), удовлетворяющей определенным техническим требованиям и требованиям по качеству. Тогда процесс движения к цели Z можно разбить на ряд этапов, каждому из которых будет соответствовать своя триада (см. рис. 2).

Этап 1. Сформированная цель Z тем или иным способом декомпозируется на множество M_z подцелей, т. е. строится дерево целей. Дальнейшая конкретизация подцелей как в пространстве и во времени, так и в количественном и качественном отношениях позволяет сформировать множество Z задач. Таким образом, на первом этапе формируется триада «Цель — Подцели — Задачи».

Этап 2. Множество Z задач отображают на множество F функций, связанных с решением этих задач. Наиболее распространенные функции: проектирование; планирование; управление; организация; контроль; диагностика; прогнозирование; конструирование; производство; сбор, хранение и обработка информации; адаптация, обучение, развитие и др. Для каждой задачи определяется из множества A свой алгоритм ее решения в зависимости от того, в каком режиме выполняется функция (ручном, автоматическом, автоматизированном и др.). Желательно, чтобы алгоритм был оптимальным в смысле выбранного критерия (максимальной точности, быстродействия, ресурсосбережения и др.). Таким образом, на втором этапе формируется триада: «Задачи — Алгоритмы — Функции».

Этап 3. На этом этапе множество F выполняемых функций отображают на множество S функциональных систем, которые должны обеспечить надежное, точное, своевременное и качественное выполнение функций при заданных условиях функционирования. Для каждой системы следует из некоторого многообразия структур выбрать ту структуру, которая обеспечила бы эффективное функционирование системы. Параметризация множества S_{tr} и приводит к конкретной модели реализации системы. Итак, сформирована триада: «Функции — Структуры — Системы».

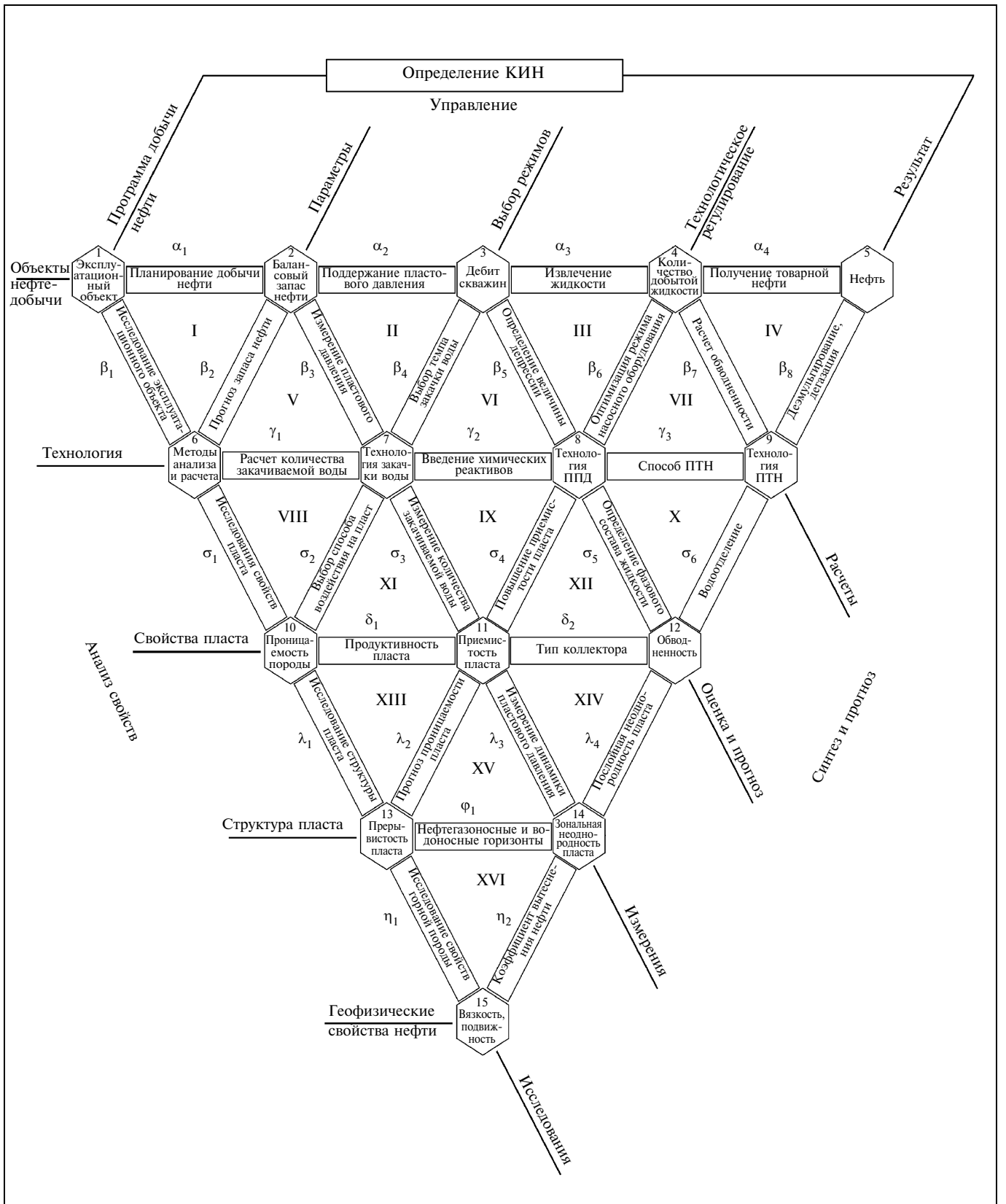


Рис. 2. Системная модель разработки и эксплуатации месторождения нефти:

КИН — коэффициент извлечения нефти; ПТН — производство товарной нефти; ППД — поддержка пластового давления

Этап 4. Далее множество S систем отображают на множество K конструкций (конфигураций, архитектур) этих систем. Здесь конструкция системы рассматривается как образ ее практической реализации. Многообразие способов конструирования, технических решений, структур системы порождает множество B_k вариантов конструкций. Из них для каждой системы выбирается такой вариант, который удовлетворял бы заданным критериям. Например, для систем автоматического управления техническими объектами это многообразие конструкций выражается в том, что система может быть реализована в одном из следующих классов: механических, электромеханических, электронных, гидромеханических, пневмомеханических и других систем. Таким образом, сформирована триада: «Системы — Варианты конструкций — Конструкции».

Этап 5. На этом этапе множество K конструкций отображают на множество Π_{II} производственных процессов. При этом множество K конструкций должно быть согласовано с множеством T_x технологий их изготовления в данном производстве. Этап заканчивается формированием триады: «Конструкция — Технология — Производство».

Этап 6. Далее множество Π_{II} производственных процессов порождает конечный результат — выпускаемую продукцию N_B . Однако производственные процессы не могут быть реализованы без множества R ресурсов: трудовых, топливно-энергетических, материальных, финансовых, технических, технологических, информационных и др. В результате формируется триада: «Производство — Ресурсы — Продукция».

Этап 7. На заключительном этапе производится оценка J соответствия полученной продукции N_B поставленной цели Z как в качественном, так и в количественном отношениях. Таким образом, формируется триада «Продукция — Оценки — Цель». В результате оценочного анализа продукции происходит возврат к первоначальной цели с пересмотром ее содержания, что приводит к повторению всего цикла достижения цели.

В итоге весь процесс достижения цели может быть представлен в виде соединения триад (рис. 3).

Отметим, что вершины триад также можно соединить друг с другом (штриховые линии на рис. 3), что приведет к образованию новых триад. При этом нижний уровень отображает технологию перехода от одного типа объекта к другому.

В каждой триаде приходится решать задачу выбора (принятия решения) в силу многообразия возможных вариантов решения. Критерии выбора должны быть адекватными оцениваемым характеристикам объектов.

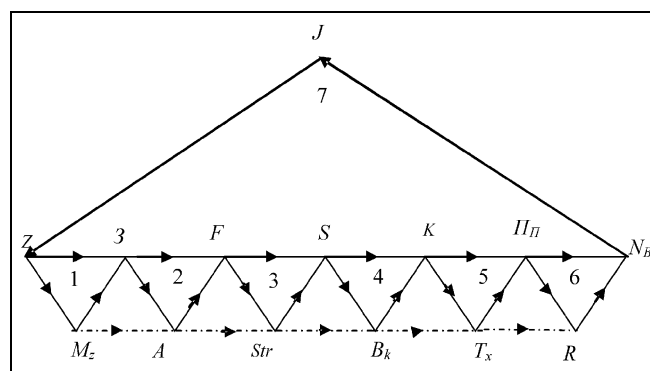


Рис. 3. Схема планирования достижения цели на основе триад

Таким образом, системная концепция достижения цели через построение триад как элементарных систем охватывает все важнейшие этапы организационных действий при достижении цели, объединяя их в единую систему. Данная схема в результате структурной связанности триад снижает организационную неопределенность в решении задач выбора различных вариантов при формировании промежуточных объектов. Кроме того, она исключает системные ошибки при проектировании процесса движения к цели. Совершенствование этого процесса кроется в совершенствовании и развитии каждой триады.

Данный подход применялся авторами в течение 10—15 лет для построения когнитивных и динамических моделей, в частности, для моделирования производственно-рыночных систем [9] и проектирования интеллектуальных систем управления производством [10].

Рассматриваемая концепция была реализована также при построении в форме триад общей модели цикла принятия решений при управлении летательным аппаратом в критических ситуациях в целях изменения ситуации от критической до безопасной [11]. Здесь каждая триада представляет собой элементарную модель системы знаний, реализация которой в управлении переводит объект из одного состояния в другое, доводя его до конечной цели — безопасного состояния.

В работе [12] рассмотрена системная модель проектирования систем автоматического управления силовой установкой летательного аппарата, представленная в форме триад. Данная модель объединяет все этапы проектирования системы в один процесс и позволяет исключить системные ошибки проектирования.

В работе [13] данный подход применяется для планирования процесса ликвидации чрезвычайных ситуаций. Объединяются в единую систему все виды деятельности человека, связанные с достижением цели в виде выполнения всех технологических работ по ликвидации чрезвычайной ситуации.



3. СИСТЕМНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ ЗНАНИЙ НА ОСНОВЕ ТРИАД

Отметим, что некоторые исследователи (У.Р. Эшби [1, 7], Ю.И. Черняк [1, 7] и др.) включают в понятие системы и самого исследователя, ибо науку делают люди, а сам процесс получения новых знаний полностью формализовать не удастся. Однако, как будет показано ниже, можно составить на основе триад лишь некоторую схему формирования этого процесса. Назовем эту схему системной моделью процесса получения новых знаний в результате решения научно-прикладной проблемы. Выделим основные этапы этого процесса.

Этап 1. В первую триаду (рис. 4) включим исследователя (Ис) и его понимание научно-прикладной проблемы (НПП). При этом НПП трактуется как незнание, которое сводится к уточнению каких-либо научных положений, гипотез, законов, характеристик объектов, процессов, явлений и прочего как в качественном, так и в количественном отношении. Свое понимание НПП исследователь формирует на основе личного знания (ЛЗ), которое зависит от особенностей исследователя, его индивидуальности, интеллектуальной познавательной деятельности, творческих способностей. Таким образом, можно сформировать триаду «Ис — ЛЗ — НПП».

Этап 2. Формируется концепция (К) как некоторая научная парадигма, отражающая точку зрения исследователя на подход к решению НПП. Известно, что НПП решаются, как правило, в рамках научных традиций (НТр), носителями которых являются научные школы. Именно они оказывают влияние на формирование научной концепции. Следовательно, на этом этапе выделим триаду «НПП — НТр — К».

Этап 3. На основе разработанной концепции формируются общие задачи (З), которые являются результатом декомпозиции НПП. К ним могут быть отнесены управление, планирование, обработка информации, анализ устойчивости, адаптация, оптимизация и др. Процесс формирования задач идет на основе применения научных законов

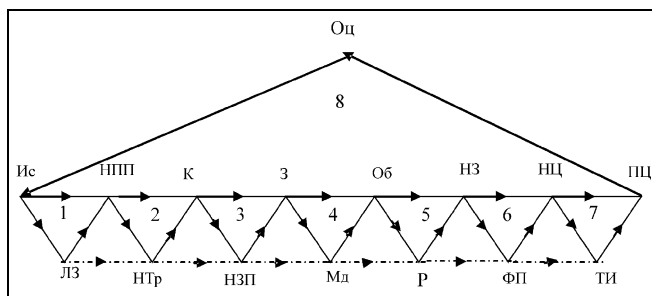


Рис. 4. Системная модель получения новых знаний

и принципов (НЗП) в рамках выбранной парадигмы. Здесь можно построить триаду «К — НЗП — З».

Этап 4. Решение задач связано с исследованием в некоторой предметной области конкретных объектов (Об), систем, процессов, явлений. Последние представляются в виде моделей (Мд), адекватно отражающие эти объекты исследования, их характеристики и свойства. Результатом этого этапа служит триада «З — Мд — Об».

Этап 5. Получение в данной предметной области новых научных знаний (НЗ) как уточнение некоторых научных положений, характеристик объектов и получение прочих сведений, т. е. как расширение наших знаний о чем-то известном как в качественном, так и в количественном отношении, происходит в результате затраты при исследовании некоторых ресурсов (Р) — методических, временных, финансовых, энергетических и др. Применяемые методы исследования во многом определяются как содержанием задач, так и принятыми моделями. Они выступают как методы научного познания и во многом определяют полученные научные результаты, которые являются носителями новых знаний. При этом сами методы и модели в процессе накопления знаний могут меняться.

Отметим, что процесс получения новых знаний на уровне открытий требует иной схемы представления этого процесса.

Итак, можно указать на следующую триаду: «Об — Р — НЗ».

Этап 6. Определяется научная ценность (НЦ) полученных знаний, которая может быть оценена по степени достоверности, истинности, непротиворечивости, нетавтологичности, по полноте и новизне. Но даже групповая экспертная оценка научной ценности полученных результатов, например, при защите диссертаций, научных проектов, не всегда дает правильный конечный результат. История науки знает множество случаев, когда некоторые выдающиеся результаты, сыгравшие впоследствии огромную роль в развитии науки, были в свое время не поняты, встречены научным миром агрессивно, а их авторы незаслуженно подвергались всякого рода гонениям. Отметим, что оценка научной ценности во многом зависит от формы представления (ФП) знаний, многообразие которых (в виде законов, правил, концепций, принципов, моделей, формул, теорем, схем, методов и т. д.) определяется многообразием областей научной деятельности и принятыми в них формами представления знаний, которые со временем могут меняться и корректироваться.

Таким образом, на этом этапе сформирована триада «НЗ — ФП — НЦ».

Этап 7. Оценивается практическая ценность (ПЦ) полученных знаний, которая определяется мерой их полезности в конкретных областях деятельности человека. Экспертная оценка практи-

ческой ценности знаний часто ориентируется на технологию использования (ТИ) научных знаний, которая может быть представлена, например, в виде методик расчета, графиков, таблиц, чертежей, информационных технологий и т. д. Чем шире технология использования знаний в различных предметных областях и чем выше ее эффективность, тем выше практическая ценность научных знаний.

Итак, на данном этапе сформулирована триада «НЦ — ТИ — ПЦ».

Этап 8. По научной и практической ценности полученных знаний производится оценка (Оц) полноты и правильности решения НПП с точки зрения самого исследователя, который определяет дальнейшие пути развития научных исследований, формирует новые цели и задачи. А это значит, что весь пройденный цикл получения новых знаний должен вновь повториться. И эта рефлексия наполнения и обогащения НПП новым содержанием будет происходить до тех пор, пока старая НПП не переродится или не сольется с новой, более сложной НПП. Замыкающей триадой является триада: «Научная и практическая ценность — Оценка решения НПП — Исследователь».

Свободные вершины триад системной модели получения новых знаний (см. штриховые линии на рис. 4) также могут быть соединены между собой, что приводит к образованию новых триад, которые способствуют более глубокому осмыслению процесса получения новых знаний.

Таким образом, представленная в форме триад системная модель циклического процесса получения новых знаний в результате решения научно-прикладной проблемы позволяет исследователю системно организовать свои научные исследования, а также осмыслить принятые концепции, применяемые методы и модели. Такая системная модель хранится в памяти исследователя как некоторая инвариантная схема (конструкция) до тех пор, пока не будут получены новые знания для ее коррекции [14].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сформулируем некоторые выводы.

Изучение системы на уровне отдельной триады не позволяет раскрыть полноту ее свойств и строения. Сложную систему можно изучать как упорядоченное множество триад (элементарных систем), принадлежащих данной системе.

Некоторые сложные процессы, связанные с достижением цели, проектированием или получением новых знаний, можно представить в виде эвристической схемы последовательно связанных друг с другом триад, отражающей все этапы организационных действий и объединяющей их в единую систему.

Абстрактность форм рассмотренных схем, охватывающих связи между элементами целого и не переходящих в детали, позволяет говорить об инвариантности этих форм.

Предложенный подход к построению схем из триад следует отнести к классу эвристических методов, основанных в большей степени на опыте, знаниях и интуиции исследователя, что не гарантирует возникновения ошибок, связанных с упущением некоторых деталей и неправильной интерпретацией отдельных факторов. Но в дальнейшем по мере накопления знаний в результате творческой деятельности исследователя эти схемы (модели) могут быть усовершенствованы, а грубые ошибки исправлены.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Системный анализ и принятие решений: Словарь-справочник. Учеб. пособие для вузов / Под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова.* — М.: Высшая школа, 2004. — 616 с.
2. *Прангивили И.В.* Системный подход и общесистемные закономерности. — М.: СИНТЕГ, 2000. — 528 с.
3. *Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П.* Введение в системный анализ: учебное пособие для вузов. — М.: Высшая школа, 1989. — 367 с.
4. *Баранцев Р.Г.* Синергетика в современном естествознании. — М.: Едиториал УРСС, 2003. — 144 с.
5. *Баранцев Р.Г.* Системная триада — структурная ячейка синтеза // Системные исследования. Ежегодник 1988. — М., 1989. — С. 193—210.
6. *Гранберг А.Г.* Основы региональной экономики: учебник для вузов. — М.: Изд. дом ГУ ВШЭ, 2004. — 495 с.
7. *Волкова В.Н., Денисова А.А.* Основы теории систем и сложного анализа. Учебник для вузов. — СПб.: СПбГПУ, 2004. — 520 с.
8. *Дьячук И.А., Ильясов Б.Г., Шаньгин Е.С.* Системный подход к построению модели организации процесса разработки и эксплуатации нефтяного месторождения // Нефтепромысловое дело. — 2003. — № 5. — С. 16—22.
9. *Ильясов Б.Г., Исмаилова Л.А., Валеева Р.Г.* Моделирование производственно-рыночных систем. — Уфа: УГАТУ, 1995. — 321 с.
10. *Интеллектуальное управление производственными системами / С.Т. Кусимов, Б.Г. Ильясов, Л.А. Исмаилова и др.* — М.: Машиностроение, 2001. — 327 с.
11. *Бадашшин Р.А., Ильясов Б.Г., Черняховская Л.Р.* Проблемы управления сложными динамическими объектами в критических ситуациях на основе знаний. — М.: Машиностроение, 2003. — 240 с.
12. *Проблемы проектирования и развития систем автоматического управления и контроля ГТД / С.Т. Кусимов, Б.Г. Ильясов, В.И. Васильев и др.* — М.: Машиностроение, 1999. — 609 с.
13. *Бежаева О.Я.* Оперативное управление процессом ликвидации ЧС на основе динамических моделей: Автореф. ... дис. канд. техн. наук. — Уфа: УГАТУ, 2004.
14. *Хокинс Дж., Блейкли С.* Об интеллекте. — М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2007. — 240 с.

☎ (3472) 73-78-35, e-mail: ilyasov@tc.ugatu.ac.ru

Статья представлена к публикации членом редколлегии Б.В. Павловым. □