

СТРУКТУРА КРЕАТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

М.В. Белов, Д.А. Новиков

Аннотация. Рассмотрена специфика креативной/творческой деятельности. Выделены три фазы такой деятельности: открытие новой предметной области и накопление «базовых знаний», освоение предметной области, массовое продуктивное использование. На основании анализа жизненного цикла креативной деятельности показано, что креативность сосредоточена в этапе целеполагания и только в нем. Предложены качественная модель развития знаний/опыта и теоретико-графовая модель структуры предметной области. Для описания и исследования каждой из фаз креативной деятельности могут как развиваться новые, так и использоваться известные модели, в том числе разработанные и изложенные в предшествующих работах авторов: для первой фазы – модели оптимального распределения усилий исследователя между проверяемыми гипотезами и выбора оптимальной последовательности проверяемых гипотез; для второй фазы – математические модели опыта; для третьей фазы могут быть использованы как структурные и алгоритмические модели, так и оптимизационные модели.

Ключевые слова: креативная деятельность, опыт, творчество, предметная область, выдвижение и проверка гипотез.

ВВЕДЕНИЕ

Деятельность (activity) – активное взаимодействие человека с окружающей действительностью, в ходе которого человек выступает как *субъект*, целенаправленно воздействующий на *предмет* [1]. Деятельность – форма активности человека, направленная на познание, преобразование окружающего мира, себя и условий своего существования.

Под *элементарной* понимают такую деятельность, цели, технологии и результат которой не имеют собственной внутренней структуры¹.

В противоположность этому, деятельность, не являющаяся элементарной, в монографии [2] было предложено называть комплексной. То есть *комплексная деятельность* (КД) – деятельность, обладающая нетривиальной внутренней структурой, с множественными и/или изменяющимися целями, субъектом, технологией, ролью предмета в его целевом контексте.

¹ В случае элементарной деятельности нет необходимости рассматривать субъект и предмет вместе с собственно деятельностью – они играют роль понятного контекста (в течение периода деятельности эволюционирует только её предмет в соответствии с используемой субъектом технологией).

В монографии [2] предложена классификация видов деятельности. В том числе выделены регулярная и креативная деятельность.

Регулярная КД – деятельность, реализуемая по известной технологии для получения априори специфицированных результатов. Структура и технология регулярной КД являются детерминированными.

Креативная КД – деятельность, технология которой не полностью определена (не полностью известна) на момент начала деятельности и поэтому создается в ходе реализации деятельности. Неизвестность технологии вызвана неопределенностью спроса и/или априорной неопределенностью в спецификации результата деятельности.

«Синонимом» креативной деятельности является *творческая деятельность* (дословный перевод на английский язык прилагательного «творческий» – “creative”). На сегодняшний день исторически сложились две парадигмы определения и исследования *творчества*. В рамках первой парадигмы – «деятельностной» – творчество рассматривается как деятельность (наиболее яркими примерами являются *научная деятельность* [3] и *художественная деятельность* [4]):

- творчество – деятельность человека, создающая новые материальные и духовные ценности, обладающие общественной значимостью [55];



- творчество – это всякая практическая или теоретическая деятельность человека, в которой возникают новые (по крайней мере, для субъекта деятельности) результаты (*знания*, решения, способы действия, материальные продукты) [6];

- творчество – деятельность, результатом которой является создание новых материальных или духовных ценностей [7].

В рамках второй парадигмы – *психологии творчества* – творчество рассматривается как «взаимодействие, ведущее к развитию» [8, 9]. То есть в случае творчества, по мнению Я.А. Пономарева [8] и представителей его научной школы, субъект должен как бы допустить в себе активность объекта (внешней среды), поэтому взаимодействие, в отличие от деятельности, предполагает встречное действие объекта. Механизм этого встречного действия связан с такими категориями, как интуиция, озарение, когнитивное бессознательное, дефокусировка внимания, побочный продукт действия и т. д.

На самом деле, эти два исследовательских подхода не противоречат, а взаимно дополняют друг друга, так как, независимо от принятой позиции, для ответа на вопрос, откуда в сознании субъекта возникает образ «продукта творчества» (замысел у художника, гипотеза у ученого и т. д.), необходимо вводить те или иные предположения. В рамках психологии творчества в том числе исследуются механизмы отражения внешнего мира в сознании субъекта с учетом опыта последнего. В рамках деятельностного подхода, которому следует настоящая работа, вводится предположение о существовании графа, объективно и адекватно описывающего всю структуру предметной области (см. рис. 4 далее).

Креативность стала очень популярным предметом исследований в менеджменте и психологии управления с 1980–1990-х годов – см., например, обзоры в работах [10–13]. С тех пор наблюдается значительный поток публикаций по этой проблематике (см. наукометрический анализ в статье [14]), однако в упомянутых областях результаты исследований креативности носят качественный характер, как максимум – на уровне структурных моделей [15].

«Общая модель» деятельности, предложенная в книге [16], описывает деятельность субъектов: учитывает их активный выбор и деятельность во внешней среде, позволяет оценить получаемый результат деятельности и освоение технологий. «Общая модель» также описывает и позволяет исследовать динамику знаний, опыта, технологий, используя множества допустимых *структурных*

элементов деятельности (СЭДов) как функции времени и предыдущих значений действий, опыта, результата деятельности, состояния субъекта и значений *факторов неопределенности* (ФН). Однако соотношения «общей модели», используемые непосредственно, не позволяют получить каких-либо конструктивных результатов в силу своей аналитической сложности.

В настоящей работе рассматривается специфика креативной деятельности и, в терминах методологии комплексной деятельности [2], формулируется ее общая структура. В рамках модели жизненного цикла предметной области выделены и проанализированы его ключевые фазы, в том числе показано, что креативность «сосредоточена» в этапе целеполагания.

В § 1 вводятся базовые определения, в § 2 рассматриваются жизненный цикл предметной области, в § 3 локализуются креативные аспекты в жизненном цикле КД, § 4 содержит качественную модель развития знаний/опыта, § 5 – модель структуры предметной области.

1. ОПРЕДЕЛЕНИЯ

На основании определений понятий «знание», «опыт», «познание», «умение», данных в словаре [17], введем определения знаний и опыта. Причем в рамках настоящей работы будем считать понятия «опыт» и «знания» (индивида или группы людей) эквивалентными. *Опыт/знание* определим как результат процесса познания действительности, отраженный в сознании индивида или группы индивидов, а также в доступных им вещественных формах (документах и пр.) в виде представлений, понятий, суждений, умозаключений, теорий, навыков, обеспечивающих возможность выполнения людьми определенной деятельности в определенных условиях. Под *сознанием* будем понимать процесс и результат создания модели мира в определенных целях [18]; в этом смысле креативная деятельность тесно связана с сознанием, так как обе эти категории предполагают создание (дословный перевод – «creation») новых знаний.

Определим *элемент знаний* как утверждение о свойствах внешнего мира, справедливость которого в определенный момент (период) времени подтверждена наблюдениями в процессе выполнения СЭДа или может быть проверена посредством выполнения СЭДа (системы СЭДов).

Например, элемент знаний может быть задан как подмножество декартового произведения множеств возможных значений параметров внешней

среды (включая предметную часть технологий) – он может определять множество возможных значений параметров, в том числе в разные моменты времени. То есть описывать последовательность смены состояний элементов внешней среды или отношения между их параметрами, в том числе под влиянием реализуемой деятельности субъектов.

Активность, в том числе способность к самостоятельному целеполаганию, выбору состояний/действий и рефлексии, является базовой характеристикой человека (*активного элемента* – АЭ).

Будем говорить, что элемент знаний известен *активной системе* (АС – системе, включающей АЭ, т. е. человека), если гипотеза о справедливости соответствующего утверждения подтверждена в ходе выполнения одного или нескольких СЭДов.

Для каждого элемента знаний существуют *предусловия* – множество элементов знаний, которые должны быть известны для того, чтобы гипотеза о справедливости соответствующего утверждения могла быть проверена. В каждый момент времени может быть определено множество элементов знаний, гипотезы которых могут быть проверены, т. е. элементов знаний, *предусловия* (текущий «фронт познания» – см. Рис. 4 ниже) которых удовлетворяют текущему состоянию опыта/знаний.

Тогда каждый элемент знаний в любой момент времени может находиться в одном из следующих состояний относительно АС:

- недоступен для проверки гипотезы – *предусловия* не удовлетворены,
- доступен для проверки гипотезы, но гипотеза не проверена,
- известен – гипотеза проверена.

Формализуем накопленные к текущему моменту опыт/знания АС в виде алгебры множеств множества элементов знаний, известных АС на текущий момент.

Следуя определению [2] *технологии* как системы условий, критериев, форм, методов и средств последовательного достижения поставленной цели, будем рассматривать технологию состоящей из двух компонентов: технологических знаний и предметов, являющихся *средствами* деятельности. При этом технологические знания являются, очевидно, подмножеством опыта/знаний в целом, а предметная часть технологии (средства) может рассматриваться как составляющая часть внешней среды (ресурсы деятельности).

Историческая практика показывает, что процесс развития знаний/опыта человечества носит «скачкообразный» характер: кратковременные периоды

(почти моменты – *научные революции* по Т. Куну [19]) формирования новых парадигм – новых областей знаний – сменяются относительно продолжительными периодами так называемого *нормального развития* – освоения и продуктивного использования знаний. Этот процесс естественным образом «выделяет» *предметные области* – подмножества множеств элементов знаний, возможно, содержательно близких, взаимосвязанных друг с другом. Рассмотрим их жизненные циклы.

2. ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

На основании анализа общественно-исторической практики выделим фазы² (см. рис. 1 и рис. 2) жизненного цикла (ЖЦ) области знаний.

Фаза I (*открытие новой предметной области и накопление «базовых знаний»*). В рамках этой фазы реализуется (последовательно и/или параллельно) множество СЭДов, целями которых является получение знаний: проверка гипотез о справедливости утверждений, составляющих элементы знаний/опыта. При реализации СЭДов проверки гипотез значимые условия утверждений задаются (выбираются) субъектом (индивидуальным или коллективным). Соответствующие математические модели рассматриваются в подразделе 5.2 книги [16].

Возможный результат каждой такой проверки бинарен и неизвестен априори (!), поэтому в каждом СЭДе реализуется истинная неопределенность [20] и, в зависимости от полученного результата, гипотеза или отвергается, или подтверждается. Эти СЭДы могут реализовываться в форме деятельности и над вещественными предметами (например, физический эксперимент), и над информационными (например, математическое моделирование) объектами, и над мыслимыми (мысленный эксперимент).

Будем считать, что первая фаза продолжается до тех пор, пока неизвестно, какое практически полезное применение могут иметь знания из данной области, пока не сформулированы полезные цели и не разрабатываются технологии их достижения.

Цель каждого из СЭДов и содержание фазы в целом – получение знаний о внешней среде.

² Границы фаз и начало жизненного цикла в целом являются условными. В большинстве случаев невозможно указать единственное событие (момент его наступления), указывающее начало фазы или жизненного цикла. Это и не требуется для построения формальных моделей.

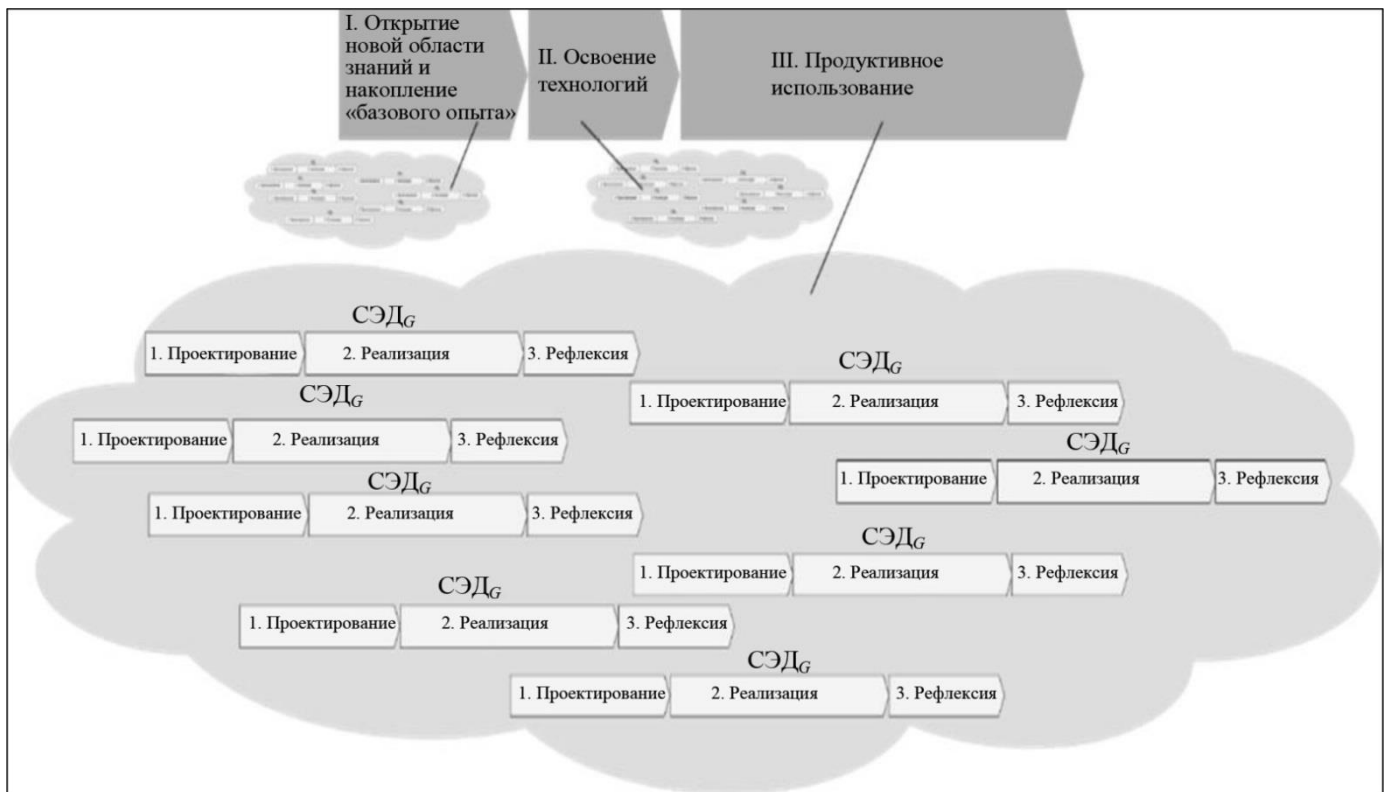


Рис. 1. Модель жизненного цикла предметной области

Таким образом, происходит накопление «базовых знаний/опыта» – получение знаний о свойствах (значениях и законах их динамики) ФН, а также о технологиях КД, выполняемых при определенном множестве значений ФН. На первой фазе технологии КД нацелены на получение новых знаний – построение модели окружающей действительности, а не на получение полезного результата.

Фаза II (освоение предметной области) – разработка технологии и единичное продуктивно-экспериментальное использование. Признаком перехода от фазы I к фазе II является появление гипотез о возможном полезном применении знаний – формулирование новых полезных целей. Цели СЭДов на фазе II – формирование технологий получения полезных результатов на основе модели ФН, построенной на фазе I. При этом значения ФН не выбираются субъектом, а реализуются «естественным выбором» внешней среды. То есть не все значимые условия утверждений задаются субъектом (как это было на фазе I), часть из них определяются значениями ФН. При этом могут реализовываться и уже известные значения ФН (тогда новые элементы знаний/опыта не формируются) или априори не встречавшиеся значения ФН (тогда

формируются новые элементы знаний/опыта). Целью такого многократного повторения известной технологии является подтверждение того, что технология позволяет получить желаемый продуктивный результат КД при (всех или) большинстве значений ФН, или выявление новых значений ФН. Для описания этого процесса адекватны модели, представленные в работах [21, 22].

В каждой предметной области и их комбинации может быть создано конечное количество «разумных», «рациональных», «оптимальных» технологий (например, наилучшая с учетом имеющихся в данный момент материалов конструкция электродвигателя, или паровой машины, или самолета).

Фаза III (массовое продуктивное использование). Признаком перехода от фазы II к фазе III является массовое / не единичное использование известных технологий. Реализуется множество СЭДов с уже известной (из фазы II) технологией с целью получения продуктивного результата, ради которого технология создавалась. При этом могут реализовываться и уже известные значения ФН (тогда получается желаемый продуктивный результат) или априори не встречавшиеся значения ФН (тогда формируется новый опыт, а продуктивный резуль-

тат может быть потерян). При встрече с новым значением ФН может происходить возвращение к фазе I или II в рамках данной предметной области или открытие новой предметной области.

Формированию новых СЭДов на фазах I и II соответствует формирование гипотез об элементах знаний, формированию новых СЭДов на фазе III – порождение потребностей в результатах продуктивной КД, направленной на получение полезного результата.

3. КРЕАТИВНЫЕ АСПЕКТЫ В ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ КОМПЛЕКСНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Зададимся вопросом, какие из элементов (процессуальных, внутренних или внешних) «отвечают» за то, что деятельность является креативной? Другими словами, где «сосредоточена» креативность? Для этого проанализируем *жизненный цикл (ЖЦ) КД*, приведенный в табл. 10 монографии [2], а также в табл. 1 настоящей статьи.

Таблица 1

Фазы, стадии и этапы жизненного цикла элемента комплексной деятельности (А-СЭДа) и их содержание

Фаза	Стадия	№	Название этапа	Содержание этапа
Проектирование	I. Фиксация спроса и осознание потребности	1	Фиксация спроса и осознание потребности	Вышестоящий В-СЭД или внешняя среда формирует спрос на результаты элемента КД. Субъект фиксирует спрос, осознает потребности и принимает решение осуществлять деятельность
	II. Целеполагание и структурирование целей и задач	2	Формирование логической модели	Потребность структурируется, проверяется, является ли она известной, и соответственно, деятельность – регулярной. Если КД регулярна, этап сводится к извлечению информации о логической модели из информационного хранилища. Иначе формируется структура целей. Цели формулируются в терминах ожидаемых характеристик результатов элементов КД. Проверяется непротиворечивость / модифицируется структура целей. Каждой цели А-СЭДа ставится в соответствие роль субъекта и технология (результат уже поставлен в соответствие ранее) – специфицируются характеристики субъектов и технологий. Результат этапа: логическая модель – структура А-СЭДа в виде перечня нижестоящих СЭДов (Н-СЭДов) и элементарных операций (Н-Оп)
	III. Формирование технологии	3	Проверка готовности технологии и достаточности ресурсов	Проверяется наличие уже известных компонентов технологии А-СЭДа: причинно-следственной модели А-СЭДа, технологий всех Н-СЭДов и технологий всех Н-Оп. Проверяется логическая согласованность А-СЭДа и пулов ресурсов – наличие и достаточность ресурсов для назначения субъектов Н-СЭДов и обеспечения технологий Н-Оп с учетом использования данных ресурсов параллельно при реализации других СЭДов. Результат этапа: подтверждение готовности технологии, подтверждение наличия необходимых ресурсов и переход к этапу 7 или выполнение этапов 4, 5 или 6 соответственно
		4	Создание причинно-следственной модели	Определяются и описываются причинно-следственные связи между целями/результатами нижестоящих элементов (Н-СЭДов и Н-Оп). Описываются возможные события неопределенности и правила реагирования на них (выполняемые СЭДы или эскалация на вышестоящий уровень). Результат этапа: причинно-следственная модель А-СЭДа

См. окончание табл. 1



Окончание табл. 1

Фаза	Стадия	№	Название этапа	Содержание этапа
Проектирование	III. Формирование технологии	5	Создание технологии нижестоящих элементов	Для элементарной операции, в силу ее специфичности и отсутствия внутренней структуры, процесс проектирования и описания элементов технологии специфичен и поэтому не допускает общего описания Для всех нижестоящих Н-СЭДов, для которых отсутствуют готовые технологии, рекурсивно выполняются этапы с первого по шестой их жизненных циклов. Результат этапа: технологии нижестоящих элементарных операций Н-Оп и технологии нижестоящих Н-СЭДов
		6	Формирование/ модернизация ресурсов	При отсутствии необходимых ресурсов порождаются цели, отвечающие за их генерацию, выполняются СЭДы, обеспечивающие создание или модернизацию пулов ресурсов. Результат этапа: необходимые пулы ресурсов
		7	Календарное и ресурсное планирование	Формируется календарно-сетевой график. Проверяется согласованность ключевых сроков потребности. Проверяется временная согласованность календарно-сетевого графика и пула ресурсов с учетом использования ресурсов другими элементами деятельности. При несогласованности выполняется возврат к этапам 2–4 или осуществляется эскалирование невозможности удовлетворить сроки субъекту вышестоящего СЭДа. Результат этапа: календарно-сетевой план и график использования ресурсов
		8	Оптимизация	Осуществляется оптимизация динамики использования ресурсов (с учетом возможности реализации с использованием данных ресурсов параллельно других КД). Результат этапа: оптимальный календарно-сетевой план и график использования ресурсов
		9	Назначение субъектов и определение ответственности	Фиксируется матрица ответственности (соответствие между субъектами СЭДов и персоналом). Фактически назначение субъектов означает формирование спроса на результаты нижестоящих СЭДов и таким образом – рекуррентное обращение к описываемому здесь процессу выполнения ЖЦ Н-СЭДов: выполняются все стадии фазы Проектирования. Результат этапа: матрица ответственности, которая совместно со структурой А-СЭДа детерминирует его организацию
		10	Назначение ресурсов	Соответственно технологиям элементарных операций производится запрос и назначение требуемых для выполнения технологий ресурсов. Результат этапа: матрица назначений ресурсов элементарным операциям
Реализация	IV. Выполнение действий и получение результата	11	Выполнение действий и получение результата	Соответственно причинно-следственной модели многократно и постоянно выполняется проверка предусловий начала действий элементарных операций Н-Оп и Н-СЭДов и их запуск. Выполнение элементарных операций Н-Оп. Запуск выполнения нижестоящих Н-СЭДов. Результат этапа: выполнение действий А-СЭДа и получение результата
Рефлексия	V. Оценивание результата и рефлексия	12	Оценивание результата и рефлексия	Сопоставление характеристик результата с требуемыми. Сопоставление объемов ресурсов с заданными. Проектирование требований к корректировкам целей, технологии и т. д.

Стадия II жизненного цикла КД (см. табл. 1) – это *целеполагание* (формирование структуры целей) и проверка, существуют ли технологии под все подцели. Если нет, то формулируется цель – разработка соответствующей технологии. Следует отметить, что иногда цели – как предвосхищаемый образ будущего результата – могут (и, в случае творчества, зачастую так и происходит) формулироваться субъектом неосознанно (с точки зрения самого субъекта, целеполагание при этом как бы «отсутствует»), приводя затем к «неожиданным» результатам.

Из табл. 1 видно, что *креативность сосредоточена в стадии целеполагания* и только в ней! Действительно, формирование технологии и реализация – стадии III и IV и последующие (см. табл. 1) – всегда (!) выполняются известными средствами и методами, так как нельзя быть уверенным в результате, если не уверен в средствах, методах способах его получения – в технологии. Именно на стадии целеполагания субъект ставит цель, которая не достигалась до этого и про которую неизвестно, может ли она быть достигнута. При этом известная технология КД отсутствует, поэтому субъект производит декомпозицию поставленной цели на подцели (это эвристическая, креативная активность) и проверяет наличие известной технологии для каждой из подцелей. При отсутствии технологии – де-

композирует подцель. И так далее до тех пор, пока для всех подцелей детализированной таким образом цели не будут обнаружены известные технологии. Реализация набора известных технологий для достижения полученной структуры (под)целей является регулярной КД. Впрочем, как и последующая рефлексия – проверка соответствия результата исходной цели.

В общую схему жизненного цикла КД и жизненного цикла предметной области укладывается и научная КД, и практическая КД (включая инженерную КД), и художественная КД.

Научная КД. Сейчас во многих отраслях знаний уже сложились свои парадигмы – устоявшиеся исследовательские подходы – методы исследований и представления результатов. Альтернативные подходы воспринимаются с априорным подозрением, т. е. исследователи стремятся следовать известной – регулярной – технологии, в которую «вкраплены» СЭДы «проверки гипотез», которые тоже регулярны! Исключением являются моменты научных революций. Приведем примеры (табл. 2).

Художественная КД [4] «устроена» аналогично; примерами проектов, реализуемых множеством людей, являются:

- съемки фильма,
- постановка спектакля,
- создание монументальных объектов.

Таблица 2

Примеры фаз ЖЦ областей знаний

Фаза ЖЦ области знаний	Значения ФН	Примеры, связанные с электричеством	Примеры, связанные с атомной энергией
Фаза I. Открытие новой области знаний и накопление «базового опыта»	Генерируются/выбираются субъектом и параллельно реализуются	– опыты древних с янтарем и шерстью, наблюдения за электрическими угрями, – работы и прибор Гилберта, – опыты Франклина с воздушным змеем, – опыты и приборы Гальвани и Вольта, – генератор Фарадея, – и др.	– идеи-гипотезы древних о строении вещества, – теория Дальтона, открытие Менделеева, – рентген, – модели атома Бора и Резерфорда, – наблюдение Беккереля, работы Кюри, Флерова и Петржака, – и др.
Фаза II. Освоение области знаний. Цель – разработка и освоение технологий	Реализуются, а субъект фиксирует новые значения ФН	– применение электричества для освещения, промышленного привода, транспорта и т. д., – промышленные устройства Теслы, Эдисона, Дюво-Добровольского и др.	– «Манхэттенский проект» – первый реактор, бомба, технологии обогащения, – ядерные боеприпасы, – первые АЭС
Фаза III. Массовое продуктивное использование. Цель – использование разработанных технологий для получения новых результатов	Реализуются	Серийное производство и массовое применение	



Формирование замысла (сюжета, смысла, ...) – целостного образа – книги/картины (или их элементов, если субъект делит предмет творчества на элементы) – является элементарной, но креативной деятельностью. После этого субъект выражает замысел до тех пор, пока ему не понравится результат, т. е. тоже имеет место проверка гипотез (или переосмысление замысла). При этом технология накладывания краски, обработки мрамора или набора текста/формул – регулярна. Такая технология тоже может быть предметом первой фазы (см. п. с) ниже). Но, будучи выработанной, она становится регулярной.

Таким образом, для художественной деятельности имеем:

- формирование замысла художественного произведения – формирование гипотезы/гипотез;
- попытки выразить замысел и проверка «нравится или не нравится» – проверка гипотез;
- художественная техника (гуашь, масло, глина, бронза, мазок) – с точностью до авторской индивидуальности, отражающей замысел, регулярна и «импортируется» из промышленности.

Стадии I и II (и V) КД (см. табл. 1) всегда реализуются применительно к информационной модели предметной области и в ее терминах. Остальные стадии, III и IV, могут требовать КД, связанной с вещественным предметом.

Цели/гипотезы (стадия II) КД (см. табл. 1) могут описывать любые подмножества элементов (и связей между ними) корпуса знаний независимо от модели их представления. В том числе гипотезы могут описывать новые компоненты технологий.

И обобщенная схема одиночного креативного СЭДа, и ЖЦ области знаний совпадают со *схемой научной деятельности*:

А. Осмысление существующих предметных областей;

Б. Формирование целей – в случае креативной КД это выдвижение гипотез о возможности достижения целей, так как на момент целеполагания технология неизвестна, следовательно, и возможность достижения цели также неизвестна. В случае научной КД целью КД является получение новых знаний, т. е. непосредственно проверка гипотез о закономерностях внешней «относительно исследователя» среды;

В. Проверка гипотез;

Г. Обобщение и формирование новых закономерностей/технологий;

Д. Переход к п. А.

Пункты А – Б – это целеполагание (формирование структуры целей) и проверка, существуют ли технологии под все подцели. Повторим, что креативность сосредоточена в этом.

Проверка гипотез (п. В) всегда (!) выполняется посредством использования известной технологии, так как нельзя быть уверенным в результате, если не уверен в технологии – средствах, методах, способах его получения. Если технология проверки неизвестна, производится декомпозиция гипотезы и определяется причинно-следственная структура проверки гипотез нижестоящего уровня с последующим агрегированием результатов. Операции декомпозиции, формирования причинно-следственной структуры и агрегирования являются известными – проверенными компонентами общесистемной технологии достижения комплексных целей / проверки комплексных гипотез. Декомпозиция производится до тех пор, пока для всех целей/гипотез не будет найдено известной технологии. Получается фрактальная совокупность СЭДов. После этого реализуются действия СЭДов, следуя причинно-следственным структурам. После этого исходная гипотеза или подтверждается, или отвергается.

Гипотезы (п. Б) могут описывать любые подмножества элементов (и связей между ними) корпуса знаний независимо от модели представления. Как отмечалось выше, гипотезы могут описывать новые компоненты технологий.

Формирование целей всегда осуществляется в ответ на потребность некоторых заинтересованных лиц и/или решение проблем (что эквивалентно потребностям) заинтересованных лиц, в частном случае таким заинтересованным лицом является сам субъект (в научной и художественной деятельности таким «заинтересованным лицом» в большинстве случаев является сам ученый или художник).

Итак, можно говорить, что исполнение комплексной деятельности всегда регулярно: все этапы (см. табл. 1), следующие за целеполаганием и структурированием целей, реализуются, следуя известной на момент начала действия технологии. То есть, как только цель структурирована и создана структура СЭДов (с верифицированной, известной технологией, приводящей к требуемому результату), выполнение КД становится регулярным.

4. КАЧЕСТВЕННАЯ МОДЕЛЬ РАЗВИТИЯ ЗНАНИЙ/ОПЫТА

В рамках любой АС существование/функционирование активных элементов состоит в том, что:

а) активная система как комплексный субъект «постоянно» реализует множество регулярных СЭДов;

б) наступают события истинной неопределенности;

с) активные элементы, составляющие АС, рефлексируют – осмысливают факты наступления этих событий;

д) (пере)формируется структура целей, в результате появляется структура СЭДов и структура комплексных субъектов;

е) (для новой структуры целей) разрабатывается новая технология или сводится путем декомпозиции к известным;

ф) продолжается реализация регулярной, но уже другой КД, происходит возврат к п. а).

Цепочки а) – ф) реализуются для всех этапов ЖЦ «областей знаний» / предметных областей (см. Рис. 2).

События истинной неопределенности (б) и события переформирования структур целей (д) происходят асинхронно, они «связаны» процессом *рефлексии*, продолжительность и результат которого также неопределенны. Само переформирование целей – проявление истинной неопределенности субъекта.

Таким образом, неопределенность субъекта проявляется в двух формах:

– решение о выполнении деятельности (или отказе),

– формирование структуры целей.

Не для всех предметных областей жизненный цикл включает все три фазы: в некоторых случаях может оказываться, что развитие предметной области не приводит (или пока еще не приводит) к ее продуктивному использованию, и жизненный цикл прерывается на первой или второй фазе (соответствующие графические образы представлены в верхней части рис. 2).

Рефлексия является оцениванием имеющегося опыта и внешней среды, в том числе событий истинной неопределенности. Рефлексия, с одной стороны, предшествует целеполаганию и является его источником – так осуществляется генерирование гипотез. С другой стороны, рефлексия фиксирует опыт – так осуществляется подтверждение / отклонение гипотез.

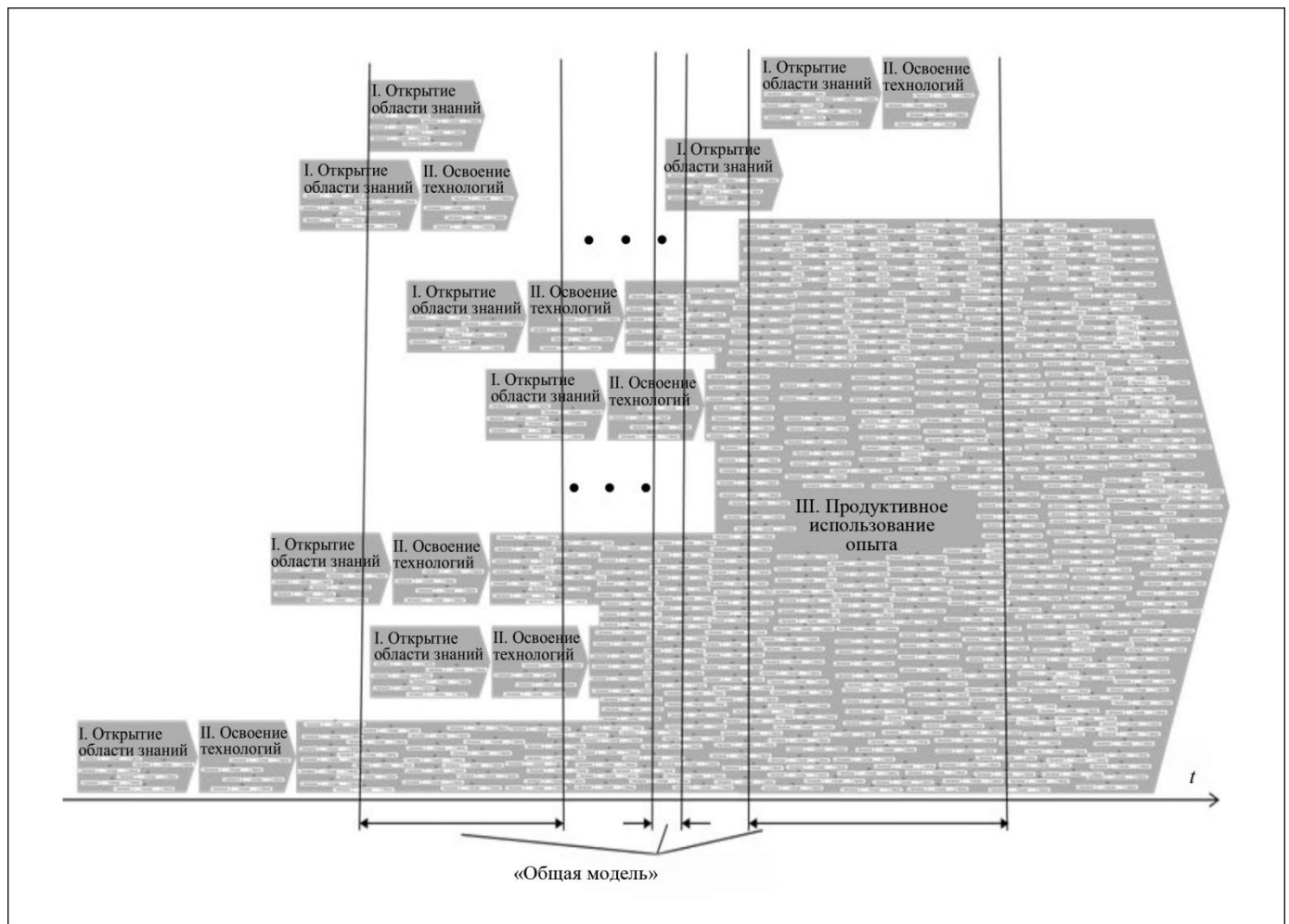


Рис. 2. Модель развития знаний/опыта активной системы

«Общая модель» (см. введение и книгу [16]) описывает в том числе и эволюцию знаний/опыта, используя динамику множеств допустимых СЭДов и зависимость их от предыстории, однако, как уже отмечалось выше, соотношения «общей модели», используемые непосредственно, не позволяют получить каких-либо конструктивных результатов.

Поэтому конкретизируем «общую модель АС» [16] таким образом, чтобы аналитически исследовать развитие знаний/опыта – процесс открытия новых предметных областей и накопления «базовых знаний», для этого:

- i. абстрагируемся от множественности АЭ;
- ii. «избавимся» от множеств-функций, описывающих СЭДы, и представим процесс эволюции иным образом.

Рассмотрим особенности реализации жизненного цикла опыта/знаний, учитывая цели i-ii (см. табл. 3). Множество допустимых действий каждого АЭ состоит из СЭДов, каждый из которых может быть отнесен к одному из подмножеств, характерных для различных фаз ЖЦ предметных областей:

- фаза I – СЭДы проверки гипотез, доступных при текущем уровне опыта,
- фаза II – СЭДы освоения технологий,
- фаза III – СЭДы продуктивного использования освоенных технологий.

При реализации СЭДов подмножества I АЭ выбирает значения параметров и технологии, и внешней среды, проверяя справедливость гипотезы именно при таком сочетании параметров. Истинная неопределенность проявляется в виде результата КД, который априори неизвестен АЭ. Если при этом истинная неопределенность внешней среды проявляется таким образом, что ФН принимают отличные от требуемого значения, то полученный результат КД характеризует проверку гипотезы, отличной от исходной. При завершении проверки гипотезы множества значений ФН и доступных технологий могут трансформироваться (см. табл. 3, Рис. 3 и Рис. 4).

При реализации СЭДов подмножеств II и III АЭ выбирают номер выполняемого элемента КД – параметры технологии, при этом параметры внешней

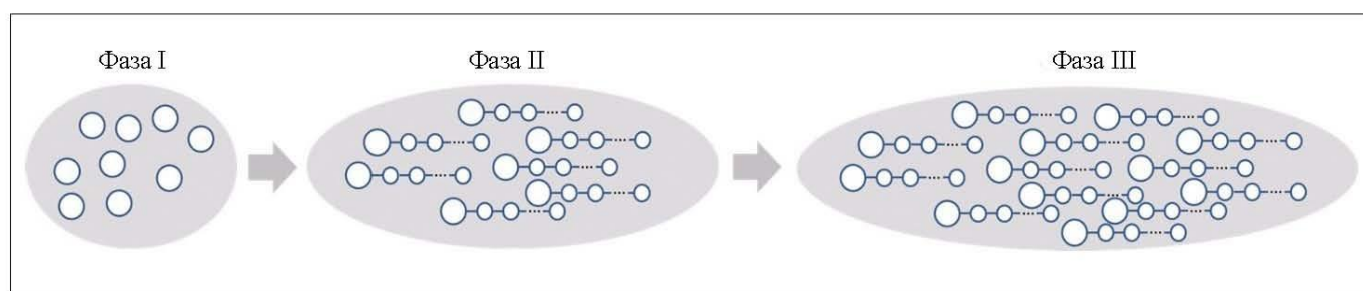


Рис. 3. Жизненный цикл предметной области

Таблица 3

Фазы креативной КД

Выбор АЭ	Значение ФН	Итог	Последствие
Проверка гипотезы, фаза I	Совпадает с требуемым	Гипотеза проверена	Множество доступных технологий трансформировано.
	Не совпадает с требуемым	Проверена иная гипотеза	Возможно, множество значений ФН трансформировано
Освоение технологии, фаза II	Известное	Гипотеза проверена	Уровень освоения неизменен
	Неизвестное		Уровень освоения повысился
Использование технологии, фаза III	Известное	Продуктивный СЭД выполнен	Получен ожидаемый полезный результат
	Неизвестное		Уровень освоения повысился, ожидаемый полезный результат может не быть получен

среды – номер состояния ФН – реализуются независимо от АЭ и являются априори неопределенными для АЭ. При этом результат КД зависит от значений параметров и технологии, и внешней среды.

5. МОДЕЛЬ СТРУКТУРЫ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

Пусть задан связный ориентированный граф без циклов – сеть $G = (N, E)$ с правильной нумерацией (отсутствуют дуги, идущие из вершины с большим номером в вершину с меньшим номером), вершины которой соответствуют предметным областям (множествам гипотез)/гипотезам/утверждениям, а множество дуг $E \subseteq N \times N$ отражает логические связи между вершинами (см. Рис. 4).

Через $N_i = \{j \in N \mid (j; i) \in E\}$ обозначим множество непосредственных предшественников i -й вершины в сети G , $i \in N$. Считаем, что сеть G имеет множество $N_0 \subseteq N$ входов (вершин, не имеющих предшественников – аксиом и/или фактов, являющихся признанным общим знанием).

Будем считать, что для каждой вершины сети G определено *предусловие* – булев предикат $\pi_i(\cdot)$, определенный на множестве $|N_i| + 1$ входов двух типов – исходных фактов $z_{N_i} = \{z_j, j \in N_i\}$ и внешних условий $\omega_i(\cdot) \in \Omega_i$ – и вычисляющий бинарный выход (новый факт) – логическую переменную $z_i = \pi_i(z_{N_i}, \Omega_i)$, которую будем считать определенной, если значение выхода одинаково при любых допустимых значениях внешних условий; в противном случае выход будем считать неопределенным.

Следовательно, проверка гипотезы при известных исходных фактах заключается в нахождении значения выхода при некотором (или некоторых) значении внешних условий – первая фаза креативной КД. Затем, на второй фазе креативной КД, неизменность значения выхода проверяется при различных (всех допустимых) значениях внешних условий (ФН).

Таким образом, i -я вершина графа G задается кортежем $(N_i, \Omega_i, \pi_i(\cdot))$, включающим исходные факты, внешние условия и логический предикат.

Обозначим через G_t достоверно известный исследователю/лям (неважно, сколько субъектов осуществляют параллельно проверку гипотез, обмениваясь результатами) в момент времени t подграф графа G . В примере на рис. 4 граф G_t затенен.

В рамках рассматриваемой модели структуры предметной области *гипотеза* – предположение о

том, что справедливо некоторое утверждение или их совокупность. Гипотеза – подграф/вершина, в котором входные дуги всех вершин либо содержатся в нем, либо исходят из графа G_t .

Обоснование или *опровержение гипотезы* – проверка определенности результата утверждения при всех фигурирующих в нем внешних условиях. Частный случай – когда предикат известен и надо найти максимальное множество внешних условий, когда его значение является определенным.

Модель проверки гипотез рассматривается в подразделе 5.2 книги [16], где в том числе ставятся и решаются задачи оптимального распределения усилий исследователя между проверкой различных выдвинутых гипотез и задачи выбора оптимальной последовательности проверки гипотез.

На первой фазе ЖЦ предметной области «элемент знаний» (гипотеза) – вершина графа на рис. 4 – может быть, как отмечалось в настоящем разделе выше, следующих типов:

- недоступен для проверки гипотезы – предусловия не удовлетворены (обозначены пунктиром),
- доступен для проверки гипотезы, но гипотеза не проверена (обозначен тонкой линией),
- известен – гипотеза проверена (обозначен жирной линией).

Множество известных элементов знаний (вершин, обозначенных на рис. 4 жирными линиями) – *текущий объем известных знаний*. Множество доступных для проверки гипотез (вершин, обозначенных на рис. 4 тонкими линиями) – *текущий горизонт познания*. Текущий объем известных знаний совместно с текущим горизонтом познания представляют собой известный исследователю в текущий момент подграф G_t графа G . Каждая вершина, обозначенная тонкой линией, представляет собой одну гипотезу или множество независимо проверяемых (параллельно или последовательно) гипотез.

Возможны два типа действий АЭ на каждом шаге – *алгоритмические* и *креативные* действия. Первые – полностью автоматические генерация и содержательный анализ всех логически возможных следствий из имеющегося корпуса знаний G_t . Результатом является граф \hat{G}_t (условно его можно называть «логическим замыканием» графа G_t). Вторые – выдвижение и обоснование или опровержение гипотез – новых подграфов G_t^h графа $G \setminus \hat{G}_t$. Обозначим через G_t^{h+} множество подтвержденных гипотез, тогда $G_{t+1} = \hat{G}_t \cup G_t^{h+}$. Выдви-

жение/генерация гипотез является существенно креативным и неформализуемым этапом, поэтому при моделировании, наверное, целесообразно использовать стохастические описания моментов возникновения гипотез и продолжительностей их проверки.

Таким образом, новые гипотезы могут выдвигаться либо автоматически (алгоритмически), либо креативно на первой фазе, а также алгоритмически или креативно в качестве реакции на события истинной неопределенности на второй (см. стрелку 6 на рис. 4) или третьей (см. стрелку 7 на рис. 4) фазах креативной КД.

Для формализации процесса проверки (обоснования или опровержения) выдвинутых гипотез можно использовать модели, рассматриваемые ниже в настоящем разделе:

- на фазе I:
 - переход к новому горизонту познания происходит в момент научной революции [19]; как и почему это происходит, мы описывать не беремся, считая, что граф G задан; и это следует признать наиболее существенным допущением рассматриваемых моделей креативной КД;
 - проверка гипотез описывается моделью, приведенной в подразделе 5.2 книги [16];
 - содержанием стрелок типа 1 и 2 может быть детализация или увеличение/снижение размерности (анализ/синтез, декомпозиция/обобщение);
- на фазе II отработка технологий описывается «моделями опыта» [21, 22];
- на фазе III практическая деятельность описывается общими схемами КД, приведенными в монографии [2].

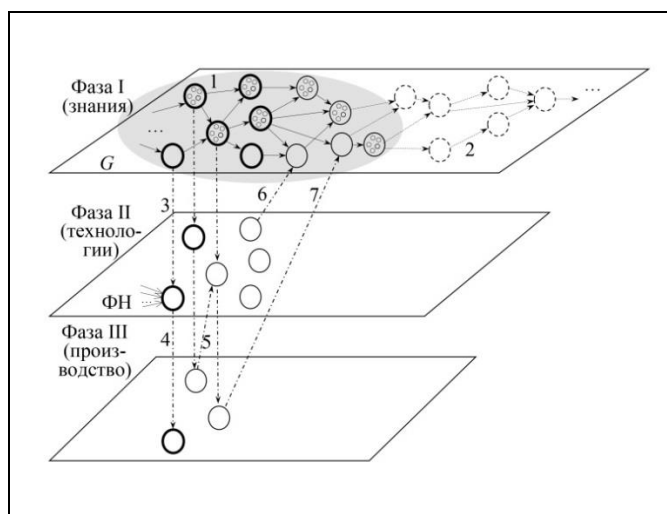


Рис. 4. Фазы креативной деятельности (ЖЦ предметной области)

Цепочка 3–4 описывает ЖЦ «фундаментальные исследования – разработка технологий – производство».

Связи 5, 6 и 7 иллюстрируют, что проблемы, возникшие на второй или третьей фазе (ситуации истинной неопределенности для этой фазы), могут потребовать возврата к предыдущей или предыдущим фазам с выдвижением новых гипотез, их проверкой и/или с разработкой соответствующих технологий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выделены три фазы жизненного цикла креативной деятельности (предметной области):

- фаза I – открытие новой предметной области и накопление базовых знаний (генерация и проверка гипотез);
- фаза II – освоение предметной области;
- фаза III – массовое продуктивное использование.

Показано, что креативность «сосредоточена» в этапе целеполагания (применительно к научной или художественной деятельности – в генерации гипотез). Для описания и исследования каждой из этих фаз могут как развиваться новые, так и использоваться известные модели, в том числе:

- для первой фазы в книге [16] предложены математические модели оптимального распределения усилий исследователя между проверяемыми гипотезами и выбора оптимальной последовательности проверяемых гипотез;
- для второй фазы целесообразно использовать математические модели опыта, приведенные в работах [21, 22];
- для третьей фазы могут быть использованы как структурные и алгоритмические модели, приведенные в монографии [2], так и оптимизационные модели, содержащиеся в книге [23].

ЛИТЕРАТУРА

1. Новиков А.М., Новиков Д.А. Методология. – М.: Синтег, 2007. – 668 с. [Novikov, A.M., Novikov, D.A. Metodologiya. – Moscow: Sinteg, 2007. – 668 s. (In Russian)]
2. Белов М.В., Новиков Д.А. Методология комплексной деятельности. – М.: Ленанд, 2018. – 320 с. [Belov, M.V., Novikov, D.A. Methodology of Complex Activity: Foundations of Understanding and Modelling. – Cham: Springer, 2020. – 223 p.]
3. Новиков А.М., Новиков Д.А. Методология научного исследования. – М.: Либроком, 2009. – 280 с. [Novikov, A.M., Novikov, D.A. Metodologiya nauchnogo issledovaniya. – Moscow: Librokom, 2009. – 280 s. (In Russian)]

4. Новиков А.М. Методология художественной деятельности. – М.: Эгвес, 2008. – 72 с. [Novikov, A.M. Metodologiya khudozhestvennoy deyatel'nosti. – Moscow: Egves, 2008. – 72 s. (In Russian)]
5. Рубинштейн С.Л. Основы общей психологии. – СПб: Издательство «Питер», 2000. – 712 с. [Rubinshtein, S.L. Osnovy obshchei psikhologii. – Saint-Petersburg: Izdatel'stvo «Piter», 2000. – 712 s. (In Russian)]
6. Психологический словарь / Под ред. В.П. Зинченко, Б.Г. Мещерякова. 2-е изд. – М.: Педагогика-Пресс, 1999. – 440 с. [Psikhologicheskii slovar' / Pod red. V.P. Zinchenko, B.G. Meshcheryakova. 2-e izd. – Moscow: Pedagogika-Press, 1999. – 440 s. (In Russian)]
7. Краткий психологический словарь / Сост. Л.А. Карпенко. Под общ. ред. А.В. Петровского, М.Г. Ярошевского. – М.: Феникс, 1998. – 512 с. [Kratkii psikhologicheskii slovar' / Sost. L.A. Karpenko. Pod obshch. red. A.V. Petrovskogo, M.G. Yaroshevskogo. – Moscow: Feniks, 1998. – 512 s. (In Russian)]
8. Пономарев Я.А. Психология творчества. – М.: ИП АН СССР, 1976. – 304 с. [Ponomarev, Ya.A. Psikhologiya tvorchestva. – Moscow: IP AN SSSR, 1976. – 304 s. (In Russian)]
9. Психология творчества: школа Я.А. Пономарева / Под ред. Д.В. Ушакова. – М.: ИП РАН, 2006. – 624 с. [Psikhologiya tvorchestva: shkola Ya.A. Ponomareva / Pod red. D.V. Ushakova. – Moscow: IP RAN, 2006. – 624 s. (In Russian)]
10. Amabile, T., Pratt, M. The Dynamic Componential Model of Creativity and Innovation in Organizations // Research in Organizational Behavior. – 2016. – Vol. 36. – P. 157–183.
11. Handbook of Organizational Creativity / Ed. By M. Mumford. – N.Y.: Academic Press, 2011. – 753 p.
12. Handbook of the Management of Creativity and Innovation / Ed. by M. Tangand C. Werner. – Singapoure: Worldscientific, 2017. – 420 p.
13. The Cambridge Handbook of Creativity / Ed. by J. Kaufman and R. Sternberg. – Cambridge: Cambridge University Press, 2010. – 508 p.
14. Cai, W., Khapovs, S.N., Bossnik, B., Lysova, E.I. Optimizing Employee Creativity in the Digital Era: Uncovering the Interactional Effects of Abilities, Motivations, and Opportunities // Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2020. – Vol. 17. – P. 1038–1057.
15. Amabile, T. Componential Theory of Creativity / Working Paper No 12-096. – Harvard: Harvard Business School, 2012. – 10 p.
16. Белов М.В., Новиков Д.А. Модели деятельности. – М.: Ленанд, 2021. – 220 с. [Belov, M.V., Novikov, D.A. Modeli deyatel'nosti. – Moscow: Lenand, 2021. – 220 s. (In Russian)]
17. Платонов К.К. Краткий словарь системы психологических понятий. – М.: Высшая школа, 1984. – 174 с. [Platonov, K.K. Kratkii slovar' sistemy psikhologicheskikh ponyatii. – Moscow: Vysshaya shkola, 1984. – 174 s. (In Russian)]
18. Митио К. Будущее разума. – М.: Альпина нон-фикшн, 2018. – 504 с. [Michio, K. The Future of the Mind: The Scientific Quest to Understand, Enhance, and Empower the Mind. – N.-Y.: Doubleday, 2014. – 400 p.]
19. Кун Т. Структура научных революций. – М.: Прогресс, 1975. – 288 с. [Kuhn, T.S. The Structure of Scientific Revolutions. – Chicago: University of Chicago Press, 1962. – 210 p.]
20. Knight, F. Risk, Uncertainty and Profit / Hart Schaffner and Marx Prize Essays. No. 31. – Boston and New York: Houghton Mifflin, 1921. – 381 p.
21. Белов М.В., Новиков Д.А. Модели опыта // Проблемы управления. 2021. – № 1. – С. 43–60. [Belov, M.V., Novikov, D.A. Models of Experience. – 2021. – Control Sciences. – No. 1. – P. 37–52.]
22. Белов М.В., Новиков Д.А. Модели технологий. – М.: Ленанд, 2018. – 157 с. [Belov, M.V., Novikov, D.A. Models of Technologies. – Cham: Springer Nature, 2020. – 113 p.]
23. Белов М.В., Новиков Д.А. Управление жизненными циклами организационно-технических систем. – М.: Ленанд, 2020. – 384 с. [Belov, M.V., Novikov, D.A. Upravlenie zhiznennymi tsiklami organizatsionno-tekhnicheskikh sistem. – Moscow: Lenand, 2020. – 384 s. (In Russian)]

Статья представлена к публикации руководителем
регионального редсовета А.А. Ворониным.

Поступила в редакцию 16.05.2021,
после доработки 31.07.2021.
Принята к публикации 2.08.2021.

Белов Михаил Валентинович – д-р техн. наук, Сколковский институт науки и технологий, г. Москва,
✉ mbelov59@mail.ru,

Новиков Дмитрий Александрович – чл.-корр. РАН, Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
г. Москва, ✉ novikov@ipu.ru.



THE STRUCTURE OF CREATIVE ACTIVITY

M.V. Belov¹ and D.A. Novikov²

¹ Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, Russia

² Trapeznikov Institute of Control Sciences, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

¹✉ mbelov59@mail.ru, ²✉ novikov@ipu.ru

Abstract. The specifics of creative activity are considered. There are three phases of such activity: discovering a new knowledge domain (subject matter) and accumulating basic knowledge, mastering the knowledge domain, and mass productive use. The life cycle of creative activity is analyzed. As shown by the analysis, creativity is concentrated in the stage of goal-setting only. A qualitative model for mastering knowledge (experience) and a graph-theoretic structural model of a knowledge domain are proposed. New models can be developed, and well-known models can be used to describe and study each phase of creative activity, including those introduced by the authors earlier: in the first phase, optimal distribution models for the researcher's efforts between the tested hypotheses and optimal scheduling models for tested hypotheses; in the second phase, mathematical models of experience; in the third phase, structural and algorithmic models and optimization models.

Keywords: creative activity, experience, creativity, knowledge domain, making and testing hypotheses.