

Информационно-психологическое моделирование основных компонентов инженерного мышления и способы их формирования

О. М. Корчажкина

ФГУ «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук», г. Москва, Российская Федерация
119333, Российская Федерация, г. Москва, ул. Вавилова, д. 44-2
olgakomax@gmail.com

Аннотация

В статье предложен алгоритм информационно-психологического моделирования основных компонентов инженерного мышления в условиях конвергенции дисциплин естественно-математического цикла, информатики, информационных и материальных технологий, который позволяет применять методологические основы регуляции деятельности к практике формирования базовых компонентов инженерной культуры учащихся средней школы. Алгоритм базируется на информационном подходе с ориентацией на ментальный опыт учащихся, приобретаемый ими в процессе решения творческих инженерных задач согласно методологии ТРИЗ. На основе проведенного исследования установлено, что процедура «мягкого» моделирования, как разновидности когнитивного способа построения образовательных моделей, позволяет выявить общие тенденции формирования и развития естественно-научного и проектно-конструкторского мышления старшеклассников. Полученные результаты могут найти применение при изучении проблем концептуального моделирования различных сторон интеллектуальной деятельности человека.

Ключевые слова: постнеклассическая образовательная парадигма, инженерное/естественно-научное/проектно-конструкторское мышление, концептуальное моделирование, информационно-психологическое моделирование, образовательная модель, информационный подход, интеллектуальная деятельность, НБИКС-технологии, теория решения изобретательских задач (ТРИЗ)

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Корчажкина, О. М. Информационно-психологическое моделирование основных компонентов инженерного мышления и способы их формирования / О. М. Корчажкина. – DOI 10.25559/SITITO.17.202103.735-748 // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2021. – Т. 17, № 3. – С. 735-748.

© Корчажкина О. М., 2021



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.



Information-and-Psychological Modeling of the Main Components of Engineering Thinking and the Ways They Are Formed

O. M. Korchazhkina

Federal Research Center "Computer Science and Control" of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

44 Vavilov St., building 2, Moscow 119333, Russian Federation

olgakomax@gmail.com

Abstract

The article focuses on an algorithm for modelling the main components of engineering thinking in the context of the convergence that the disciplines of the natural-and-mathematical cycle, computer science, information and material technologies gain. The algorithm makes it possible to apply the methodological foundations of activity regulation to the practice of forming the principal components of secondary school students' engineering culture. The procedure is based on the information approach with an emphasis on the students' mental experience, which they acquire while solving creative engineering problems according to the TRIZ methodology. Grounded on the study worked out, it is established that the procedure of "soft" modelling, as a kind of the cognitive method of building educational models, reveals general trends in the way to form and develop high school students' natural science-and-design thinking. The tools proposed in the article can use the obtained results when study the tasks of conceptual modelling of various aspects of human intellectual activity.

Keywords: post-non-classical educational paradigm, engineering/natural science/design thinking, conceptual modelling, information-and-psychological modelling, educational model, information approach, intellectual activity, NBICS-technologies, theory of inventive problem solving (TRIZ)

The author declares no conflict of interest.

For citation: Korchazhkina O.M. Information-and-Psychological Modeling of the Main Components of Engineering Thinking and the Ways They Are Formed. *Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie = Modern Information Technologies and IT-Education*. 2021; 17(3):735-748. DOI: <https://doi.org/10.25559/SITITO.17.202103.735-748>



Введение

Характерной чертой Четвёртой промышленной революции, называемой также шестым экономическим укладом, является конвергенция нано-, био-, инфо-, когнитивных и социогуманитарных наук и технологий (НБИКС-технологий), что вызвано цифровизацией всех сфер общественной жизни человека, сопровождающейся внедрением высших на данном этапе развития форм информационных технологий (ИТ). По степени развития науки и инструментов получения научного знания как следствия информационной революции шестой экономической уклад характеризуется переориентацией научной деятельности с познавательной на проективно-конструкторскую, приводящей к полному слиянию НБИКС-технологий и превращению их в единую научно-технологическую область знаний. Названные объективные факторы заставляют педагогическое сообщество переосмысливать содержание образования с учётом необходимости конвергенции дисциплин естественно-математического, гуманитарного цикла, информатики, информационных и материальных технологий и соответствующего изменения в организации учебно-познавательной деятельности учащихся. В связи с этим формирование и развитие инженерного мышления школьника должно осуществляться на базе взаимодействующего между собой учебного материала и обеспечения возможности переноса способов организации учебной деятельности, не замыкаясь в пределах только одного предмета, относящегося к «не-гуманитарным» дисциплинам.

Инженерное мышление – сравнительно новый термин, отражающий в современном контексте интеллектуальный базис инженерной культуры, который характеризует комплексную способность человека (школьника, студента, специалиста) решать многосторонние технико-технологические задачи, а также отвечать на связанные с ними вопросы гуманитарного направления. Методы и формы деятельности, в рамках которых происходит развитие инженерного мышления, предполагают обязательное творческое начало, критический подход к оценке идей и решений, системный взгляд на исследуемые процессы – причём все эти формы и методы укладываются в рамки постнеклассической образовательной парадигмы.

Рассматриваемая с общих позиций образовательная парадигма, как институциональная основа развития образования, определяет набор базовых подходов, методов и стратегий решения проблем образования и формирования мировоззрения (картины мира) молодых членов общества на современном этапе его развития. Набирающая темпы нынешняя постнеклассическая образовательная парадигма предлагает подход к методологии исследования процессов образования и научного познания на основе фундаментальных научных установок и представлений, рассматривающих систему образования как сложную многоуровневую саморазвивающуюся реальность, чьё обновление происходит за счёт перехода от одного вида саморегуляции к другому. Тем самым постнеклассическая парадигма позволяет преодолеть ограничения методологии научного познания, свойственные классическому и неклассическому подходам, которые состоят в частичном или полном отсутствии эффективных инструментов для реализации приемлемых способов решения задач, стоящих перед современным образованием.

Цель исследования

Названные факторы, определяемые объективными социально-экономическими условиями, а также ориентированными на них внутренними потребностями развития системы образования, ставят перед педагогическим сообществом необходимость пересмотра как содержания образования по отдельным предметам школьной программы, так и самого перечня дисциплин, предлагаемых для усвоения учащимся старшей ступени средней школы, особенно в профильных классах. Помимо этого, опираясь на более чем тридцатилетний опыт информатизации образования в нашей стране, переоценке следует подвергнуть и ряд стратегий обучения, в том числе и с использованием ИТ, ориентируя эти стратегии на необходимость конвергенции дисциплин естественно-математического цикла, информатики, информационных и материальных технологий. Особенно остро эта проблема стоит в классах инженерного профиля.

Столь сложная задача, на наш взгляд, может быть решена только комплексно – с переходом к постнеклассической образовательной парадигме, обладающей всем набором инструментов и стратегий, первым и самым важным среди которых следует назвать **информационно-психологическое моделирование основных компонентов инженерного мышления и способов их формирования**, осуществляемое на теоретическом этапе, подводящем к практическим решениям.

Анализ проблемы и разработка обобщённого аппарата информационно-психологического моделирования

В качестве основы информационно-психологического моделирования способов познавательной предметной деятельности была выбрана «обогащающая модель», предложенная М. А. Холодной [1, С. 212-213]. Базовым компонентом этой модели явился ключевой психологический элемент – «индивидуальный ментальный (умственный) опыт», а его дополнительными компонентами – когнитивные, метакогнитивные и интенциональные аспекты. Эту обобщённую модель мы дополнили двумя новыми компонентами – общенаучным и психолого-функциональным, необходимыми для расширенного представления способов организации познавательной предметной деятельности старших школьников, проходящих обучение в классах инженерного профиля.

Итак, изначально модель была представлена в обобщённом виде, а каждый из её компонентов – общенаучный (методологический), метакогнитивный (регулятивно-рефлексивный), когнитивный (познавательный), интенциональный (личностный, мотивирующий) и психолого-функциональный (ориентированный на работу высших психических функций), приведённых в нижеприведённой Таблице 1, характеризуют определённый функционал модели. В таблице каждый компонент представлен с двух позиций: что для него является 1) основанием, порождающим условием, обеспечивающим функционирование данного компонента модели; 2) результатом, итогом деятельности, определяющим содержание, критерии, инструменты, уровень достижения цели деятельности в рамках данного компонента модели.



Предлагаемая информационно-психологическая модель является универсальной, а конкретизация её компонентов в той или иной предметной области применительно к определённому технологическому укладу делает её полезным практическим инструментом при моделировании способов познавательной деятельности, ориентированной на соответствующие

социально-экономические условия. Для начала проанализируем потенциальные свойства модели в обобщённом виде с тем, чтобы в дальнейшем её можно было применить к конкретным образовательным ситуациям в рамках постнеклассической парадигмы.

Таблица 1. Обобщённые компоненты содержания информационно-психологической модели формирования способов познавательной предметной деятельности

Table 1. Generalized components of the content of the information-psychological model of the formation of methods of cognitive objective activity

Название компонента	Чем определяется (основание, движущая сила)	Что определяет (результат, итог)
I. ОБЩЕНАУЧНЫЙ	уровнем развития и степенью конвергенции наук и технологий; потребностями социума	методологию и методы познания (исследования, изучения, решения задач)
II. МЕТАКОГНИТИВНЫЙ	индивидуальным ментальным опытом познающего субъекта в плане владения метапредметными компетенциями (универсальными учебными действиями – УУД)	способы реализации регулятивно-рефлексивных компонентов в познавательной деятельности субъекта (управление сложным поведением)
III. КОГНИТИВНЫЙ	индивидуальным ментальным опытом познающего субъекта в плане владения необходимыми знаниями и компетенциями в данной предметной области	предмет и объект познания и результаты его исследования/изучения
IV. ИНТЕНЦИОНАЛЬНЫЙ	потребностями познающего субъекта и уровнем развития его познавательных устремлений (личностным целеполаганием)	степень усвоения нового знания и/или овладения предметными и метапредметными компетенциями
V. ПСИХОЛОГО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ	уровнем развития высших форм интеллектуального поведения (высших психических функций) – логической памяти, творческого воображения и целенаправленного мышления	комплексная деятельность (системное овладение сложным знанием, работа со зрительными образами и абстрактными категориями, инсайт, эвристики)

Прежде всего отметим, что название модели отражает её направленность на решение задач моделирования в условиях постнеклассической образовательной парадигмы, переход к которой обусловил необходимую и возможную ступень в развитии сложной системы, каковой является система современного образования.

Рассматриваемую информационно-психологическую модель формирования способов познавательной предметной деятельности можно отнести к так называемым «мягким» моделям социально-педагогического исследования, которые, в отличие от «жестких» моделей, применяются для *качественной интерпретации* общих тенденций развития явлений и процессов, происходящих как в крупных, так и в более локализованных социально-педагогических системах¹ [2, С. 87-88] часто с опорой на значительный объём эмпирических данных, полученных в результате наблюдения за конкретными образовательными ситуациями в рамках той или иной системы. В подобных моделях «обозначен основной закон развития динамики изучаемого объекта, но не обозначены жесткие границы и параметры этого закона» [3, С. 118-123]. Условия, обеспечивающие функционирование данной модели в новой постнеклассической интерпретации, создаются следующими

социокультурными практиками системы современного образования [4, С. 448-452]:

- новыми способами учебного/научного исследования и организации процесса познания;
- развитием учения о *сложности* в общенаучном плане и как «новом измерении» человека (учащегося);
- функционированием в условиях неопределённости;
- ориентацией на образ будущего.

1. Появление **постнеклассических способов учебно- или научно-исследовательской деятельности** с целью получения нового знания и овладения набором соответствующих инновационных компетенций обусловлено четырьмя фундаментальными положениями – *принципом системности, информационным подходом, концептуальными сдвигами* в категориальном аппарате науки и *свойством фрактальности* процесса познания.

Принцип системности как более высокая ступень развития принципа целостности при исследовании социально-педагогических систем характеризуется следующими признаками: 1) исследованием функций системы в связи со средой своего существования; 2) наличием как прямых, так и обратных связей, учитывающих и внутреннее содержание, и содержание внеш-

¹ Социально-педагогическая система – это образовательная система, интегративные взаимосвязи которой обусловлены взаимодействием субъектов образовательного процесса с социальной средой [2, С. 86].



них по отношению к системе процессов [5, С. 128]; 3) самоорганизацией² системы за счёт упорядочения происходящих в ней процессов, которые могут осуществляться только за счёт повышения открытости системы, что позволяет «сбросить» лишнюю энтропию³ во внешнюю систему [6, С. 129; 7, С. 211-212].

Информационный подход предполагает использование нового общенаучного метода познания объектов, процессов или явлений природы и общества, возникшего с формированием постнеклассической парадигмы образования и науки и направленного на актуализацию (поиск и анализ) наиболее значимых информационных аспектов, определяющих функционирующие и развитие изучаемых объектов. Поскольку информация – это такое же неотъемлемое свойство окружающего мира, как время и пространство, материя и энергия, которые пронизывают все окружающие нас объекты, то информационный подход предполагает обращение к миру в его целостном многообразии и системной связанности. При этом под информационными аспектами, составляющими основу того или иного изучаемого объекта или системы в целом, понимаются разнообразные информационные процессы, включающие содержание информационных потоков, приём, передачу, восприятие, хранение, обработку информации, прочие коммуникационные виды деятельности. Наконец, при информационном подходе обязательным является взгляд на информацию не только как на основание для принятия решений, но и как на источник разного рода рисков. Последнее свойство информации, тем не менее, не ослабляет ещё одну полезную практическую особенность информации, которая проявляется при её взаимодействии с энтропией: в дихотомической паре «информация – энтропия» информация выступает антагонистом энтропии, поскольку «рассматривается как количественная мера уменьшения неопределённости» [8, С. 13].

Концептуальные сдвиги в научном категориальном аппарате обусловлены появлением синергетики – науки об изучении сложных систем с общих междисциплинарных позиций – их функционировании и условий, необходимых для осуществления процессов самоорганизации, являющихся источниками возникновения сложных структур. Синергетика вместе с теорией диссипативных структур и теорией катастроф образовала ядро постнеклассической научной парадигмы: «Заслуга синергетики в том, что она сделала объектом специального анализа бифуркационный этап развития различных сложно-эволюционирующих, открытых систем. Тем самым она предоставила новый материал для расширения смыслового горизонта культуры, открыла новые возможности в трактовке порядка и беспорядка, и всех тех явлений, которые связаны с этими процессами» [9, С. 191]. Благодаря этим факторам появился запрос на обновление всего философско-методологического содержания современной науки, для чего потребовалось создать специальную терминологию, свободную от стабильных, равновесных трактовок базовых метапредметных понятий, характеризующих тезаурус и классического, и

неклассического этапов развития науки, каковыми выступали «закон», «причинность», «порядок», «закономерность», «случайность» [9, С. 189]. При этом новое содержание в русле синергетики получили такие известные ранее термины, как «порядок/беспорядок», «хаос», «взаимодействие», «взаимосвязь», «определённость/неопределённость», «самоорганизация», «бифуркация», «вычислимость», «аттрактор», «самосборка», «алгоритм», «равновесие/неравновесие», «устойчивость/неустойчивость» и пр., составляющие *словарь сложного*, без которого дальнейшее развитие науки не представлялось бы возможным.

Свойство фрактальности является концептуальным свойством синергетических систем. Применительно к процессу познания это означает, что процесс познания и творческого осмысления нового знания в русле постнеклассической парадигмы может быть успешным, если каждый его шаг несёт в себе целостную сущность всего процесса, когда реальность воспринимается во всей её полноте и целостности: «Поскольку, согласно принципам фрактальной логики, каждый извлечённый смысл, то есть полученное знание, несёт печать исходного, ещё не подвергшегося декомпозиции и пониманию смысла, можно охарактеризовать этот процесс как *самоподобное деление*. Таким образом, процесс познания протекает не по заранее предписанному алгоритму, а по принципу фрактала – самоподобным делением» [10, С. 97].

2. «**Новое измерение**» личности учащегося как человека познающего предполагает движение от антропоцентричной (узкой) форме взаимодействия объектов образовательного процесса к расширенной антропологической форме такого взаимодействия. Антропоцентричная, или личностно-ориентированная, форма обучения, характерная для неклассического этапа развития образования, когда в основу учебного процесса положена личность ученика с приоритетом его персональных качеств и установок, была востребована и относительно успешно работала в отечественном образовании по крайней мере в течение последних пятнадцати лет прошлого века с заходом в первое десятилетие века нынешнего. Для антропологической формы постнеклассического периода, рассматривающей личность учащегося как целостную систему во взаимодействии не только с различными субъектами и уровнями внутри самой себя в границах образовательного процесса, но и привлекающую в поле своих познавательных интересов весь окружающий мир, характерен выход за привычные (и узкие) рамки познавательной деятельности внутри классной комнаты в её прямом и метафорическом выражении.

Такой ракурс взаимодействия познающей личности, как социального существа нового типа, и окружающего мира, который также предстаёт в виде самоорганизующейся системы, меняет устоявшиеся требования не только к личностным качествам человека познающего, но и к его способностям осуществлять целенаправленную и целеполагающую – иначе комплексную – познавательную деятельность. Комплексная деятельность в широкой трактовке – это «деятельность, обладающая не-

² О принципах и законах самоорганизации см. [5, С. 164-165].

³ Энтропия – количественная мера неопределённости, недостоверности или непредсказуемости некоторых параметров системы или способов её поведения, приводящих к невосполнимым потерям (энергетическим, информационным, социокультурным и пр.); носит вероятностный характер (как мера беспорядка) или нечёткий характер (как мера хаоса).



тривиальной внутренней структурой, с множественными и/или изменяющимися целями, субъектом, технологией, ролью предмета в его целевом контексте» [11, С. 7].

Исследование личности, осуществляющей комплексную деятельность, было бы невозможным без развития учения о сложности, поскольку именно оно позволяет учесть интеграцию конвергентных технологий с синергетикой, задающей методологические основы совокупной междисциплинарной деятельности в смысле её сопряжённости с расширяющейся практикой коммуникации, чем обеспечить выход на уровень философского осмысления результатов этой деятельности, когда «сама наука выступает как одно из важнейших измерений человека» [9, С. 189]. При этом применительно к процессу деятельности «сложность рассматривается как способность к переключению между различными типами поведения при изменении внешних условий. В свою очередь вытекающие отсюда гибкость и приспособляемость приводят к понятию о *выборе* между различными имеющимися возможностями», который опосредуется динамикой флуктуаций – неустойчивостью движения и бифуркациями: «Первый шаг в моделировании сложного поведения состоит в установлении нелинейного характера соответствующей динамики и в идентификации набора переменных, способных продемонстрировать неустойчивости и бифуркации» [12, С. 252]. Это означает, что комплексная деятельность непременно включает творческий компонент, наиболее полно проявляющийся в точках бифуркации, являющихся по сути моментами принятия решения на основе имеющихся возможностей выбора. А умение «управлять сложностью» должно быть включено в состав регулятивно-рефлексивного компонента УУД.

К характеристикам сложности относят: 1) конвергентность, интегрирующую различные области научного знания, которые реализуются в виде реальных НБИКС-технологий, включённых в широкий социокультурный контекст – социальный и антропологический 2) транс-, и междисциплинарность, соотносимые с объектами, методами, теориями, проблемами и интегрирующие НБИКС-технологии с синергетикой и философией техники⁴; 3) динамически-нелинейную рефлексивность субъекта деятельности, погружённого в самоорганизующийся мир [13, С. 167-168, 170, 172, 184].

3. Современное образование с его постнеклассической парадигмой самым тесным образом связано с **условием неопределённости**, заключающим в себе работу с нечёткими и размытыми данными в виде постоянно меняющейся среды обучения, внедрение новых технологий, стратегий и инструментов овладения знаниями и компетенциями, изменение содержания образования, программ и курсов, контрольно-измерительных материалов и способов оценивания учебных достижений учащихся. Более того, стремительное развитие процесса информатизация общества влечёт за собой радикальные изменения во всех сферах человеческой деятельности, тогда как наша возможность учитывать в этой деятельности неопределённые и непредсказуемые процессы и нивелировать связанные с ними риски весьма ограничена, поскольку «при применении компьютерных технологий происходит каче-

ственная перестройка и изменение всех основных сторон <... взаимодействия> человека с информационными системами, <и речь идёт> о качественно особом виде деятельности, который принципиально не может быть сведён ни к одному традиционно выделяемым в психологии основным её видам (мыслительной, познавательной, творческой, игровой, коммуникативной, трудовой), хотя и включает в качестве составляющих те или иные её элементы» (цит. по [14, С. 353]).

Эти существенные моменты, отмеченные в публикации 1996 года, ещё раз подводят к мысли о том, что современная созидательная деятельность является комплексной деятельностью, а её правильная организация, умение «управлять сложностью» следует отнести к необходимым характеристикам профессионально ориентированной личности. Поэтому в общем плане неопределённость не следует рассматривать как обстоятельство, препятствующее развитию сложных систем. Напротив, следует принять как данность, что неопределённость является непременным «условием человеческого бытия», а «развитие науки и основанных на ней технологий породило цивилизацию, в которой неопределённость, непредсказуемость и риск являются важнейшими факторами» [15, С. 80-83] – нашу современную цивилизацию.

Ещё одним важным моментом является функционирование социокультурных практик образования [16], что в условиях неопределённости служит залогом формирования способов мышления, основанных на высоком уровне развития высших психических функций – нестандартных, творческих, эвристических процессов, компонентами которых являются логическая память, творческое воображение и целенаправленное мышление [17, С. 22]. Психолого-педагогические исследования показывают, что одним из способов развития творческих начал личности является дивергентное мышление, отвечающее за способность мыслить нестандартно, непредсказуемо, неопределённо, часто полагаясь на инсайт (озарение), и в хаотическом нагромождении мыслей уметь отыскивать нужные понятия, доводы, тезисы – то есть «отделять зёрна от плевел».

4. И, наконец, прогнозирование **образа будущего**. Очевидно, что образ будущего необходим для того, чтобы, имея до некоторой степени ясное о нём представление, мы могли на основании возможных сценариев развития тех или иных социально-экономических систем выбирать стратегии сегодняшнего дня и направления, куда могут быть приложены наши усилия для достижения позитивного долгосрочного результата.

Необходимость в проектировании образа будущего и выстраивании стратегии устойчивого развития любой сложной системы (человеческой цивилизации, общественной формации, государства, системы образования, внутреннего мира человека и пр.) возрастает в её точках бифуркации, когда исчерпаны все внутренние ресурсы системы и достигнута высшая точка, ошибочно принимаемая за пик некоторой стабильности. Однако, напротив, отсутствие резервов для роста и развития означает деградацию, поэтому в таком положении любая система становится крайне уязвимой к малейшим изменениям своих параметров – в структуре, связях, наборе функций, что способно привести её к потере устойчивости и изменению вектора

⁴ Философия техники – специальная философская дисциплина, или область философских исследований, направленных на осмысление природы техники и оценку её воздействий на общество, культуру и человека.



своего развития за счёт смены поведения в новых условиях. Как правило, любая система, обладающая сложной организацией, имеет несколько вариантов дальнейшего развития, выявить которые тем сложнее, чем более она подвержена флуктуациям. Эти варианты формируют неопределённую картину будущего развития системы. Решение подобных проблем также лежит в области *учения о сложности* и напрямую связано с *методологией предсказуемости*, когда «каждый качественный прогнозирующий инструмент можно охарактеризовать конкретным *горизонтом предсказуемости*, ограничивающим его конкретное приложение» [18, С. 402], что привносит дополнительные проблемы в формирование образа будущего. Тем не менее, именно теория самоорганизации предоставляет учёным инструментарий для анализа динамики, понимания сложности окружающего мира, возможного будущего, способствуя тем самым выходу из разного рода критических, тупиковых ситуаций. Они находятся «в процессе длительного адаптивного поиска из огромного разнообразия потенциальных возможностей путём оценки и оптимизации» [5, С. 162, 180, 189].

В системе образования в её постнеклассической интерпретации действует принцип, характерный для всех сложных систем, переживающих этап перехода через точки бифуркации: «своевременное противодействие предсказуемой нестабильности» [5, С. 187]. Помимо названных выше факторов нестабильности системы современного среднего образования существуют также два противоречия в части подготовки будущих научно-технических кадров: между содержанием школьного профильного образования и примерным пониманием круга инженерно-технических задач, которые предстоит решать нынешним школьникам в будущей профессиональной деятельности, а также разрыв между содержанием будущих задач и необходимостью освоить способы их решения на уровне сильных заданий (своего рода прототипов) в рамках профильной программы для старших классов средней школы.

Результаты информационно-психологического моделирования

На основании обобщённой модели, сведённой в *Таблицу*, а также состояния современной системы российского образования и условий её развития с точки зрения постнеклассической парадигмы, анализ которых приведён в предыдущем разделе, конкретизируем основные компоненты этой модели применительно к объекту исследования – информационно-психологическому моделированию основных компонентов инженерного мышления и способов их формирования. При этом следует учитывать содержание инженерно-технической деятельности, которое составляет основу инженерного мышления и определяется следующими факторами [19, С. 34]: 1) владением естественно-научным (научно-техническим) знанием; 2) преобладанием творческого, критического и системного (информационного) подхода к решению инженерных задач; 3) использованием проектных и изобретательских инструментов решения задач; 4) обладанием пространственным, наглядно-образным и логическим мышлением. Исходя из перечисленных «вводных», конкретизируем обобщённую модель применительно к формированию компонентов инженерного мышления.

I. Содержание **общенаучного компонента** информационно-психологической модели определяется уровнем развития и степенью конвергенции наук и технологий, а также потребностями общества на данном этапе своего развития. Результатом реализации этого компонента является выбор методологии, методов познания и исследования при решении инженерных задач.

Способность решать творческие задачи является важнейшей чертой развитого инженерного мышления, поэтому в основу организации инженерной деятельности вполне обоснованно положить *информационный подход*, опирающийся на представление о процессах и явлениях действительности как информационных процессах, которые описываются информационными понятиями. Существуют убедительные доказательства эффективности применения информационного подхода в задачах, которые имеют дело с любыми видами сообществ в био-, техно- или социальной сфере: в системах с обратной связью, в системах передачи информации для повышения качества их работы, в самоорганизующихся системах, в системах с корреляционными связями, в онтологиях (знаниевых системах с многоступенчатой структурой), то есть в отраслях знаний, требующих значительного объёма творческих усилий.

Информационный подход напрямую соответствует задачам формирования и развития инженерного мышления, поскольку оно, как природный феномен, отражающий способность человека к комплексным видам научно-технической деятельности, может полностью реализовать свой потенциал только в ходе интеграции идей и воплощающих их стратегий мышления. При этом привлекаются новые когнитивные ресурсы человека, позволяющие скрещивать различные дискурсы (или логические посылки) и стратегии мышления [20, С. 293]. Поэтому для подготовки к решению сложных, творческих инженерных задач нашим сегодняшним ученикам необходимо овладеть информационными методами осуществления проектировочных и опытно-конструкторских практик, которым в курсе информатики и ИТ целенаправленно не обучают.

Согласно исследованиям, приведённым в [21; 22], информационный подход к исследованию специфики того или иного информационного явления и воплощения его в конкретные научно-технические решения предполагает следующие действия: 1) изучение источника и приёмника информации и канала связи между ними; 2) изучение протекания информационного процесса или информационной структуры явления; 3) информационное описание объектов, отношений и связей между ними; 4) выявление специфики конкретного проявления информации; 5) описание структуры информационных потоков; 6) построение информационных моделей. На следующих этапах научно-технической деятельности происходит процедура создания опытного образца (прототипа) на основе полученной информационной модели (см. ниже в подразделе «III. Когнитивный компонент»).

Поскольку практически вся инженерная деятельность сопряжена с использованием методов поиска прорывных идей, приёмов научно-технического творчества и внедрением новых технических разработок, то в качестве способов решения инженерных задач целесообразно обратиться к методологии, предоставляемой *теорией решения изобретательских задач (ТРИЗ)*. Обосновывая целесообразность применения ТРИЗ



для развития творческого мышления учащихся, специалисты отмечают важность изучения лучших технических решений прошлого, а также необходимость постоянной тренировки в решении изобретательских задач согласно ТРИЗ-методологии: «ТРИЗ создавалась, чтобы заменить те интуитивные «озарения», которые приводят талантливых инженеров и учёных к выдающимся изобретениям и открытиям, такой стратегией мышления, которая позволяла бы каждому хорошо подготовленному специалисту получать аналогичные результаты» [23, С. 10].

В ТРИЗ, появившуюся на свет в середине прошлого века усилиями гениального советского инженера-изобретателя Г. С. Алтшуллера [24] и имеющую в своём арсенале преимущественно алгоритмические средства (40 общих изобретательских приёмов и около 80-ти стандартных шаблонов решений, в том числе и приёмами разрешения технических противоречий), был изначально заложен огромный потенциал для развития творческого, нестандартного мышления школьников. Методология ТРИЗ находит своё развитие в работах современных исследователей М. И. Мееровича и Л. И. Шрагиной [23], П. Н. Шимуковича⁵ [25], а также практиков и тренеров ТРИЗ, обобщающих свой опыт в учебно-методических пособиях и задачах по ТРИЗ (см., например, [26]).

Предлагаемая М. И. Мееровичем и Л. И. Шрагиной методика формирования творческого мышления как осознанного, целенаправленного и управляемого процесса *на основе* ТРИЗ, включает в себе два комплекса упражнений – на развитие воображения и на развитие творческого мышления при нахождении и разрешении противоречий в различных проблемных ситуациях. В основу предлагаемой методологии положены две составные части – психологическая, базирующаяся на понимании творческого интеллекта как единства эмоционально-образного и логического компонентов, и собственно методологическая, рассматривающая процесс мышления как технологический процесс по выполнению определённых психических операций при поиске решения сложной проблемы.

П. Н. Шимукович подходит к развитию идей ТРИЗ с системных позиций формирования творческого маршрута поиска решения задач (проблем), в основу которого положен авторский РН-метод как источник целеполагания: построение линий развития будущих решений; когнитивное моделирование и системный анализ ситуации; целеполагание на основе РН-метода; прогнозирование при творческом поиске решения; интуитивный поиск решения на основе воображения, интуиции, инсайта, наблюдательности и различных эвристических приёмов; логические приёмы поиска решения; различные подходы к принятию решения (нормативный, дескриптивный, прескриптивный, многократного выбора); вопросы сопряжения изобретательства и проектирования.

II. Метакогнитивный компонент содержания информационно-психологической модели связан с умением управлять сложным поведением при организации информационно-познавательной деятельности путём овладения широким набором познавательных и регулятивно-рефлексивных УУД⁶.

Этот компонент определяется индивидуальным ментальным опытом познающего субъекта и в реальной практике находит выражение в уровне владения соответствующими метапредметными компетенциями.

Информационно-познавательная деятельность является основной формой учебной деятельности при информационном подходе к обучению. Она включает умение ориентироваться в различных источниках информации; критически оценивать и интерпретировать информацию, получаемую из различных источников; умение использовать средства ИТ для решения когнитивных, коммуникативных и организационных вопросов в инженерно-технических задачах. Этапы информационно-познавательной деятельности человека предстают в виде известного замкнутого цикла: поиск информации, сбор информации, формализация информации, фильтрация информации, сортировка информации, архивация информации, преобразование информации в знания, защита информации как интеллектуальной собственности, апробирование полученных знаний, уточнение знаний на основе опыта и поиск новой информации.

Важнейшей составляющей метакогнитивного компонента информационно-психологической модели является самоорганизация информационно-познавательной деятельности учащихся, в которую входят: умение самостоятельно определять цели и составлять планы деятельности, контролировать и корректировать деятельность, выбирать успешные стратегии в различных ситуациях, владеть навыками решения проблем, развивать способность и готовность к самостоятельному поиску методов решения практических инженерных задач и применению различных методов познания.

О. А. Конопкиным была предложена теоретическая система осознанного регулирования деятельности, или саморегуляции деятельности. Им было введено понятие *общая способность к саморегуляции* – деятельностная категория, определяющая необходимые человеку качества для взаимодействия с окружающим предметным и социальным миром, то есть качества, которые требуются для осуществления процесса познания и социализации, что «является психологическим критерием человека как субъекта» [27, С. 14-15]. В [28, С. 22] на основе системы осознанной саморегуляции применительно к информационно-познавательной деятельности учащихся были выделены и описаны этапы метакогнитивной деятельности: определение цели деятельности, построение субъективной модели условий деятельности, самопрограммирование исполнительских действий, выработка критериев успешности деятельности, оценка достигнутых результатов и вынесение решения о коррекции системы осознанного регулирования деятельности в случае необходимости.

III. Движущей силой когнитивного компонента содержания информационно-психологической модели является индивидуальный ментальный опыт познающего субъекта в плане владения необходимыми знаниями и предметными компетенциями в данной области науки и техники. А итогом деятельности с применением ментального опыта является детализация

⁵ Шимукович П. Н. ТРИЗ-идеи в системном изложении: Путь к творческому результату: целостное представление и пошаговый анализ. М.: Ленанд, 2021. 432 с.

⁶ С расширенным набором универсальных учебных действий можно ознакомиться в [4, С. 429-441].



объекта познания, приводящая к достижению более ясного о нём представления, приобретённого в результате исследования: новые свойства, качества, структура, связи внутри и вне его, включённость в более сложные системы (обретение новых системных свойств), наличие точек бифуркации, уязвимости и связанные с этим риски, возможности развития и самоорганизации как способы выхода из кризиса и пр.

Проблему формирования основных компонентов инженерного мышления следует рассматривать с двух сторон: с точки зрения самих составляющих инженерного мышления и с позиций видов и способов деятельности, направленных на их достижение – то есть с точки зрения структуры и с точки зрения динамики связей между компонентами этой структуры. Основными составляющими инженерного мышления являются естественно-научный и проектно-конструкторский компоненты.

Естественно-научное мышление предоставляет учащемуся – будущему инженеру возможность применять свои знания, полученные при изучении дисциплин естественно-математического цикла в их межпредметном взаимодействии, для

- успешной учебно-познавательной деятельности, связанной с подготовительной работой: изучением литературы, поиском подобных задач и путей реализации их решений, оценкой возможных рисков;
- систематизации знаний во всех предметных областях и налаживания межпредметных связей;
- проявления личной интеллектуальной заинтересованности, формирования мотивации к генерации новых идей и выдвижению правдоподобных гипотез;
- реализации полученных знаний на практике, проведения экспериментальных исследований и получения на выходе готовых продуктов деятельности в виде материального объекта, реализующего творческий замысел автора;
- формирования целостного мировоззрения в соответствии с научной картиной мира, соответствующей современному этапу развития наук и технологий, воплощённому в общественной практике;
- формирования ценностного отношения к окружающему миру и возможностям человека через признание общечеловеческих ценностей в области духовной и материальной культуры, а также понимания необходимости сохранения человеческой идентичности.

Проектное мышление управляет поиском актуальных технических проблем и их решений, генерацией идей и воплощением их в проекты. Оно означает способность специалиста пройти все стадии этапа проектирования – от технического, или проектного, задания и концепции, через исследование и анализ возможных вариантов, рассмотрение способов их оптимизации, до получения технического решения в виде виртуальной или реальной модели и её экспериментальных (лабораторных) испытаний.

В основу проектного мышления положен ряд принципов философии техники: 1) природосообразности реализуемого замысла, означающего, что любое техническое решение в ряду альтернативных предложений и идей должно соответствовать реальным потребностям человека, то есть быть целесообразным с точки зрения практики; 2) не противоречить законам природы, то есть быть научно обоснованным; 3) спо-

собным нести здоровьесберегающий потенциал, то есть невелировать возникающие риски по параметрам временных, материальных и трудовых затрат разработчиков, изготовителей и эксплуатантов изделия; 4) быть экологичным, то есть не противоречить базовым принципам защиты окружающей среды.

Важнейшим этапом проектной деятельности является выработка концепции будущего объекта и его моделирование на промежуточных этапах создания опытного образца, когда принимается решение о целесообразности дальнейших действий, устанавливаются физические и функциональные принципы действия образца, принципы измерения и устранения противоречий, набор оптимальных значений параметров. Концепция используется для описания способа получения результата инженерной разработки и создания виртуальной модели и оформляется в виде проектной документации, состоящей из эскиза проектируемой модели и примерной технологической карты процесса её изготовления и лабораторных испытаний.

Конструкторское мышление даёт возможность создавать прототипы изделий и проводить технические эксперименты, формируя тем самым производственно-технологические компетенции будущих специалистов. Поскольку итогом этапа конструирования является демонстрация опытного образца изделия, выдержавшего лабораторные испытания, и пакета конструкторской документации, то владение некоторым набором навыков «технического писателя» по специальности 06.019 ещё со школьной скамьи поможет будущим инженерам грамотно справляться с этой нелёгкой работой. Развитое конструкторское мышление предполагает владение комплексными инженерными компетенциями по составлению конструкторской документации, изготовлению и испытанию реальной модели с проведением измерений и наблюдений, её презентации, способности оценить её достоинства и недостатки, оптимизировать, наметить пути совершенствования и модификации.

Очевидно, что реализация этих компонентов инженерного мышления представляет собой сложную, комплексную деятельность, осуществление которой должно опираться на способы моделирования сложного поведения (*управление сложностью*) в соответствии с теорией сложности. Прежде всего, комплексная деятельность должна рассматриваться как компонент организационно-технической системы [11, С. 12, 295], включающей исполнителей (работников), технические и природные элементы, связанные структурно и функционально с опорой на общие цели, задачи, ресурсы, оценку сроков выполнения, трудовых, временных и материальных затрат, выбор технологии исполнения, прогнозирование ожидаемого эффекта, готовность оценить полученный результат и наметить перспективы дальнейшего развития системы.

Отличительной чертой комплексной деятельности является её потенциальная неопределённость, возникающая в силу сложного характера как самой деятельности, так и системы, внутри которой она функционирует. Поэтому моделирование комплексной деятельности и управление ею представляет собой сложный процесс, требующий учёта большого числа элементов, этапов, связей, различных свойств и характеристик. При этом наиболее продуктивным способом упорядочить имеющиеся компоненты деятельности является следование



её логической структуре, имеющей фрактальные признаки, образующие иерархические самоподобные уровни, получаемые в результате декомпозиции всей системы [11, С. 44-46]. Поэтому умение управлять сложностью заключается не в том, чтобы свести сложное к простому, разделяя «большое целое» на малые не связанные друг с другом части, а понять законы самоорганизации «большого целого», найти закономерности его функционирования, и памятуя слова великого Эйнштейна: *Everything should be as simple as possible, but not simpler* (Всё следует делать простым, насколько это возможно, однако не проще возможного), искать в сложной структуре отдельные самоподобные участки.

Ещё один интересный способ моделирования комплексной деятельности предложен М. М. Телемтаевым, который обосновывает необходимость организации сложной деятельности по принятию решений в виде целостной системы, построенной на основе разработанного им *complete-подхода* в рамках нового научного направления, получившего название «комплетика». Для построения модели целенаправленно процесса деятельности учёный предлагает создать универсальную среду деятельности, включающую в себя социальную, природную, информационную, другие среды, объекты деятельности, проблемы выживания, сохранения и развития, а сам процесс принятия решения в ходе проектирования необходимого результата построить как цепь решения проектных задач, включающих проектный анализ, проектное исследование, эскизное (концептуальное) проектирование, рабочее проектирование, объектно-ориентированное целостное проектирование, организационное целостное проектирование (управление), типовое целостное проектирование, социальное целостное проектирование. И завершает процесс разработки целостная экспертиза – специальное компетентное исследование деятельности и её носителя. Этот метод подходит для принятия решений по сложным вопросам, когда само решение не является окончательным, а требует постоянного мониторинга и регулярного производства соответствующего результата [29, С. 154-155, 174-175].

IV. Интенциональный компонент содержания информационно-психологической модели (мотивация к деятельности) задаётся потребностями познающего субъекта и уровнем развития его познавательных устремлений (личностным целеполаганием). Результат реализации интенционального компонента напрямую определяет степень усвоения нового знания и овладения предметными и метапредметными компетенциями. Джон Р. Андерсон приводит результаты психологических исследований, раскрывающих роль целенаправленной практики, при которой формируется мотивация учащихся к обучению в целом, а не просто к выполнению конкретного задания [30, С. 294-295]. Поэтому целенаправленная практика как комплексная информационно-познавательная деятельность, выполняемая на материале конвергентных дисциплин и способствующая формированию инженерного мышления учащихся, составляет базис активного включения школьников в процесс мотивированного обучения за счёт привлечения эмоциональных составляющих интеллекта, а также описанных выше процессов саморегуляции деятельности, которая рассматривалась в рамках метакогнитивного компонента информационно-психологической модели.

V. Психолого-функциональный компонент содержания информационно-психологической модели определяется уровнем развития высших форм интеллектуального поведения (высших психических функций) – *логической памяти, творческого воображения и целенаправленного мышления*. Л. С. Выготский отмечал, что «все высшие психические функции объединяет тот общий признак, что они включают в свою структуру как центральную и основную часть всего процесса в целом употребление знака <иначе, понятия – О.К.> как основного средства направления и овладения психическими процессами» [31, С. 133]. На практике это означает их применение как инструментов овладения сложным знанием, работу со зрительными образами и абстрактными категориями, проявление инсайта, использование эвристик и других когнитивных приёмов, в основе которых лежит *понятие* – осмысленное содержание знака.

Логическая память – тип памяти, предполагающий осмысление, то есть сознательное усвоение материала, что, в отличие от механической памяти, является непременным условием системного усвоения сложного знания, без которого трудно логически увязать между собой понятия из разных предметных областей, понять их сущность, использовать явление переноса УУД из одной изучаемой дисциплины в другую при решении практических задач. Специфика функционирования логической памяти при формировании инженерного мышления состоит в превалировании трёх основных проявлений мыслительной деятельности над традиционно применяемыми в учебном процессе: *сжатие концепций*, использование *эвристик ТРИЗ* и *технология инсайта*.

Сжатие концепций – естественный заключительный этап усвоения системного знания, сформированного в виде понятий, когда изученные концепции упорядочиваются и откладываются (архивируются) в долговременной памяти. Эта методика применима не только к усвоению крупных понятий, таких, как *закон, знак, операция, причина, следствие, соотношение* или *доказательство*. Её можно использовать для обучения оперированию фактами, числами и именами, которые сводятся к своего рода онтологиям (упорядоченным по определённым признакам совокупностям единиц знания), также представляющим собой сжатые концепции. Обучение сжатию концепций происходит путём укрупнения дидактических единиц, то есть перевода слабо упорядоченного учебного материала к крупным единицам усвоения, объединяющим группы родственных понятий в рамках межпредметных или внутрипредметных тематических блоков.

Эвристики – это интеллектуальные стратегии, включающие специальные методы поиска, непосредственные правила и приёмы, упрощающие решение задач, что наиболее продуктивно работает в научно-технологической сфере деятельности. С помощью эвристик, особенно активно используемых в ТРИЗ, можно алгоритмизировать процедуру решения проблемных ситуаций и логических задач, устранения противоречий, сортировки идей и концепций, оптимизации вариантов решения задач и пр.

Инсайт, в общем случае означающий «озарение» – «внезапно» найденное решение сложной задачи. Применительно к инженерному мышлению инсайт наступает, когда анализ предложенных вариантов или проведённых неудачных экспе-



риментов заводит в тупик. К инсайту, наступающему как перелом, преодоление тупика, разрыв в линейном ходе решения, могут привести осознанные действия по смене стратегий уже опробованных решений и выходу за пределы отработанных вариантов, а также привлечение новых знаний, новых схем и гипотез.

Целенаправленное мышление (мышление в понятиях) – это умственное действие, подчинённое определённой цели и направленное на решение чётко поставленных задач в ходе целенаправленной практики. Однако, как отмечал Л. С. Выготский: «наличие цели и задачи ещё не гарантирует того, что к жизни будет вызвана действительно целесообразная деятельность» [31, С. 133], поэтому творческая инженерная деятельность должна включать весь комплекс этапов, дающих возможность решать задачи быстро, эффективно и наилучшим способом. Выше обсуждались различные *методики*, основанные на *ТРИЗ*, которые следует безоговорочно признать наилучшими способами решения творческих инженерных задач и тем самым представить их как способы реализации целенаправленного мышления на практике.

Творческое воображение необходимо для осуществления любой созидательной деятельности. Этот тип высших психических функций применительно к проектно-конструкторской работе реализуется преимущественно через *технологии пространственного переноса*, предполагающего формирование и развитие способности личности, обладающей инженерным мышлением, оперировать зрительными и умственными образами на всех этапах разработки и реализации модели объекта. Эта психологическая черта личности, необходимость формирования которой никак не умаляется с развитием 3D-технологий, включает пространственную способность осуществлять умственное вращение объектов и сканировать зрительные образы, проводить сопоставление зрительных параметров, вносить дополнительные элементы на этапе пред-моделирования (подготовки концепции прототипа), составлять целостную зрительную и умственную картину будущей модели изделия, включать и выключать визуальный и умственный «zoom» (приближение – удаление объекта).

Заключение

Организация обучения в профильных инженерных классах средней школы сталкивается с рядом проблем, которые обусловлены конвергенцией наук и технологий, возрастающими процессами неопределённости в образовании, не оправдавшей ожидания информатизацией образования. Эти объективные обстоятельства требуют поиска интенсивных, ускоренных путей и более эффективных методов развития инженерного мышления старшеклассников – будущих научно-технических работников. Поэтому в переориентации отечественного образования в сторону постнеклассической парадигмы видится один из способов преодоления возникшего кризиса. Постнеклассическая образовательная парадигма обладает широким набором инструментов и стратегий, способных решить проблемы, назревшие в системе профильного среднего образования, ориентированного на подготовку будущих научно-технических кадров. На основе анализа характеристик постнеклассической образовательной парадигмы был опре-

делён первый и самый важный её инструмент – системное информационно-психологическое моделирование основных компонентов инженерного мышления и способов их формирования. В результате проведённого исследования была обоснована целесообразность представления способов организации познавательной предметной деятельности в виде обобщённой информационно-психологической модели, состоящей из пяти компонентов – общенаучного (методологического), метакогнитивного (регулятивно-рефлексивного), когнитивного (познавательного), интенционального (личностно-мотивирующего) и психолого-функционального (ориентированного на работу высших психических функций).

Далее обобщённая информационно-психологическая модель была конкретизирована, а её основные компоненты подробно исследованы применительно к способам формирования и развития инженерного мышления старшеклассников в рамках информационного подхода. Установлено, что методологически организацию данных видов информационно-познавательной деятельности учащихся целесообразно строить на базе *теории решения изобретательских задач (ТРИЗ)*; регулятивно-рефлексивные компоненты деятельности могут быть развиты с помощью осознанного регулирования деятельности (*саморегуляции*); необходимыми составляющими когнитивного компонента следует признать *естественно-научное и проектно-конструкторское мышление*, представляющие в совокупности комплексной (сложной) деятельности; интенциональный компонент определяется личностным целеполаганием в ходе *целенаправленной высокомотивированной практики*; психологическая составляющая модели реализуется на уровне развития высших психических функций: логического мышления, целенаправленного мышления и творческого воображения, наиболее эффективное применение которых осуществляется с привлечением эффективных способов и стратегий – *сжатия концепций, эвристических методов, техник инсайта и пространственного переноса*.

Список использованных источников

- [1] Холодная, М. А. Психология интеллекта. Парадоксы исследования / М. А. Холодная. – 3-е изд., пер. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2020. – 334 с. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43016107> (дата обращения: 19.08.2021).
- [2] Колесников, А. К. О роли мягких и жёстких моделей в социально-педагогическом исследовании / А. К. Колесников, И. П. Лебедева // Образовательные технологии. – 2013. – № 3. – С. 85-95. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20818621> (дата обращения: 19.08.2021).
- [3] Солодова, Е. А. Новые модели в системе образования: Синергетический подход / Е. А. Солодова. – М.: ЛИБРОКОМ, 2013. – 344 с.
- [4] Корчажкина, О. М. Социология образования с позиций постнеклассической дидактики / О. М. Корчажкина // Категория «социального» в современной педагогике и психологии: материалы 9-й всерос. НПК. – Ульяновск: Изд-во «Зебра», 2021. – С. 446-452. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46333060> (дата обращения: 19.08.2021). – Рез. англ.
- [5] Эбелинг, В. Самоорганизация в природе и обществе и



- стратегии построения будущего / В. Эбелинг, Р. Файстель // Мир человека: неопределённость как вызов. – М.: Ленанд, 2019. – С. 159-197. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41408666> (дата обращения: 19.08.2021). – Рез. англ.
- [6] Плебанек, О. В. Постнеклассическая классика социального познания / О. В. Плебанек // Постнеклассические практики: опыт концептуализации / Под общ. ред. В. И. Аршинова и О. Н. Астафьевой. – СПб.: Мирь, 2012. – С. 126-134.
- [7] Корчажкина, О. М. Содержание и практика применения метапредметного подхода к смешанному обучению / О. М. Корчажкина. – Московская обл., г. Ногинск: АНАЛИТИКА РОДИС, 2017. – 450 с.
- [8] Делокаров, К. Х. Знание, информация и поиск новой образовательной парадигмы // Знание и информация в современном образовании: Антиномии теории и практики / Под ред. В. М. Кондратьева. – М.: Ленанд, 2016. – С. 11-45.
- [9] Делокаров, К. Х. Постнеклассическая парадигма: концептуальные сдвиги в познании / К. Х. Делокаров, Ф. Д. Демидов // Постнеклассические практики: опыт концептуализации / Под общ. ред. В. И. Аршинова и О. Н. Астафьевой. – СПб.: Мирь, 2012. – С. 188-201.
- [10] Корчажкина, О. М. Фрактальная модель процесса познания / О. М. Корчажкина // Вопросы философии. – 2016. – № 5. – С. 93-105. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26124709> (дата обращения: 19.08.2021). – Рез. англ.
- [11] Белов, М. В. Методология комплексной деятельности / М. В. Белов, Д. А. Новиков. – М.: Ленанд, 2018. – 320 с. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38978535> (дата обращения: 19.08.2021).
- [12] Познание сложного: Введение / Г. Николис, И. Р. Пригожин; предисл. Г. Г. Малинецкого; пер. с англ. В. Ф. Пастушенко. – 5-е изд., доп. – М.: URSS, 2021. – 352 с.
- [13] Аршинов, В. И. Сложность постнеклассических практик и будущее конвергирующих технологий // Постнеклассические практики: опыт концептуализации / Под общ. ред. В. И. Аршинова и О. Н. Астафьевой. – СПб.: Мирь, 2012. – С. 165-187.
- [14] Гнатик, Е. Н. Проблемы информатизации образовательного пространства в контексте нарастающей неопределенности / Е. Н. Гнатик // Мир человека: неопределённость как вызов. – М.: Ленанд, 2019. – С. 352-366. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41408682> (дата обращения: 19.08.2021). – Рез. англ.
- [15] Лекторский, В. А. Неопределенность и риск как условия человеческого бытия / В. А. Лекторский // Мир человека: неопределённость как вызов. – М.: Ленанд, 2019. – С. 80-87. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41408674> (дата обращения: 19.08.2021). – Рез. англ.
- [16] Астафьева, О. Н. Социокультурные практики в постнеклассической науке // Постнеклассические практики: опыт концептуализации / Под общ. ред. В. И. Аршинова и О. Н. Астафьевой. – СПб.: Мирь, 2012. – С. 273-301.
- [17] Выготский, Л. С. История развития высших психических функций / Л. С. Выготский. – 1-е изд. – М.: Изд-во Юрайт, 2019. – 336 с. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41257283> (дата обращения: 19.08.2021).
- [18] Mainzer, K. Thinking in Complexity: The Computational Dynamics of Matter, Mind, and Mankind / K. Mainzer. – DOI 10.1007/978-3-540-72228-1 – 5th ed. – Springer Berlin, Heidelberg, 2007. – 482 p.
- [19] Корчажкина, О. М. Составляющие инженерного мышления и роль ИКТ в их формировании / О. М. Корчажкина // Информатика и образование. – 2018. – № 6(295). – С. 32-38. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35619000> (дата обращения: 19.08.2021). – Рез. англ.
- [20] Розин, В. М. Мышление: сущность и развитие. Концепции мышления. Роль мысляще личности. Циклы развития мышления / В. М. Розин. – М.: Ленанд, 2014. – 358 с.
- [21] Семенов, Э. П. Информационный подход к познанию действительности / Э. П. Семенов. – Киев: Наукова думка, 1988. – 238 с.
- [22] Шимукович, П. Н. Информационный метод творчества. Информация, язык, семиотика, ТРИЗ на службе инноваций / П. Н. Шимукович. – М.: URSS, 2019. – 504 с.
- [23] Меерович, М. И. Технология творческого мышления / М. И. Меерович, Л. И. Шрагина. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2008. – 495 с.
- [24] Альтшуллер, Г. С. Найти идею: Введение в ТРИЗ – теорию решения изобретательских задач / Г. С. Альтшуллер. – М.: Альпина Паблишерз, 2008. – 402 с. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22330007> (дата обращения: 19.08.2021).
- [25] Шимукович, П. Н. Сопряжение основной творческой процедуры и дополнительных процессов как условие эффективного генерирования новых идей / П. Н. Шимукович // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. – 2021. – № 11. – С. 59-64. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46565976> (дата обращения: 19.08.2021). – Рез. англ.
- [26] Михайлов, В. А. Научное творчество: Методы конструирования новых идей на основе ТРИЗ / В. А. Михайлов, П. М. Горев, В. В. Утёмов. – 2-е, доп. – М.: Ленанд, 2018. – 168 с. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32563015> (дата обращения: 19.08.2021).
- [27] Телемтаев, М. М. От разрозненных идей и знаний к целостной системе: Комплетика: От теории к осуществлению / М. М. Телемтаев. – М.: Либроком, 2016. – 312 с. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26013088> (дата обращения: 19.08.2021).
- [28] Выготский, Л. С. Мышление и речь: психологические исследования / Л. С. Выготский. – М.: Изд-во «Национальное образование», 2019. – 368 с.
- [29] Конопкин, О. А. Психологические механизмы регуляции деятельности / О. А. Конопкин. – 2-е изд. – М.: URSS, 2010. – 316 с. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20107901> (дата обращения: 19.08.2021).
- [30] Корчажкина, О. М. Развитие методологической культуры учащихся при организации информационно-познавательной деятельности / О. М. Корчажкина. – DOI



- 10.32517/0234-0453-2019-34-6-16-25 // Информатика и образование. – 2019. – № 6(305). – С. 16-25. – Рез. англ.
- [31] Anderson, J. R. Cognitive Psychology and its Implications / J. R. Anderson. – 7th ed. – Worth Publishers, 2009. – 469 p.

Поступила 19.08.2021; одобрена после рецензирования 07.09.2021; принята к публикации 17.09.2021.

Об авторе:

Корчажкина Ольга Максимовна, старший научный сотрудник Института кибернетики и образовательной информатики, ФГУ «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук» (119333, Российская Федерация, г. Москва, ул. Вавилова, д. 44-2), кандидат технических наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0020-4914>, olgakomax@gmail.com

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

References

- [1] Kholodnaya M.A. *Psikhologiya intellekta: paradoksy issledovaniya* [Psychology of Intelligence: The Paradoxes of Research]. 3rd ed. Yurait Publ., Moscow; 2020. 334 p. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43016107> (accessed 19.08.2021). (In Russ.)
- [2] Kolesnikov A.K., Lebedeva I.P. *O roli mjagkih i zhjostkih modelej v social'no-pedagogicheskom issledovanii* [On the role of soft and hard models in socio-pedagogical research]. *Obrazovatel'nye tehnologii* = Educational Technologies. 2013; (3):85-95. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20818621> (accessed 19.08.2021). (In Russ.)
- [3] Solodova E.A. *Novye modeli v sisteme obrazovaniya: Sinergeticheskij podhod* [New Models in the Education System: a Synergistic Approach]. Librokom, Moscow; 2013. 344 p. (In Russ.)
- [4] Korchazhkina O.M. *Sotsiologiya obrazovaniya s pozitsij postneklassicheskoy didaktiki* [Sociology of education from the viewpoint of post-non-classical didactics]. In: Ed. by A. Yu. Nagornova. *Kategoriya "social'nogo" v sovremennoj pedagogike i psikhologii* [The Category of "Social" in Modern Pedagogy and Psychology]. *The 9th Russian Scientific-and-Practical Conference (with remote and international participation) Proceedings*. Zebra, Ul'yanovsk; 2021. p. 446-452. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46333060> (accessed 19.08.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [5] Ebeling W., Feistel R. *Samoorganizatsiya v prirode i obshchestve i strategii postroeniya budushchego* [Self-Organization in Nature and Society and Strategies for Building the Future]. *Mir cheloveka: neopredelyonnost' kak vyzov* = The World of Man: Uncertainty as a Challenge. Lenand, Moscow; 2019. p. 159-197. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41408666> (accessed 19.08.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [6] Plebanyok O.V. *Postneklassicheskaya klassika social'no-go poznaniya* [Post-non-classical classics of social cognition]. *Postneklassicheskie praktiki: opyt kontseptualizatsii* = Post-non-classical practices: the experience of conceptualization. Mir, Saint-Petersburg; 2012. p. 126-134. (In Russ.)
- [7] Korchazhkina O.M. *Soderzhanie i praktika primeneniya metapredmetnogo podkhoda k smeshannomu obucheniyu* [Content and practice of applying the meta-disciplinary approach to blended learning]. *ANALITIKA RODIS Publ.*, Noginsk; 2017. 450 p. (In Russ.)
- [8] Delokarov K.Kh. *Znanie, informatsiya i poisk novoj obrazovatel'noj paradigmy* [Knowledge, information and the search for a new educational paradigm]. In: Ed. by V. M. Kondratyev. *Znanie i informatsiya v sovremennom obrazovanii: Antinomii teorii i praktiki* = Knowledge and information in modern education: Antinomies of theory and practice. Lenand, Moscow; 2016. p.11-45. (In Russ.)
- [9] Delokarov K.Kh., Demidov F.D. *Postneklassicheskaya paradigma: konceptual'nye sdvigi v poznanii* [Post-non-classical paradigm: conceptual shifts in cognition]. *Postneklassicheskie praktiki: opyt kontseptualizatsii* = Post-non-classical practices: the experience of conceptualization. Mir, Saint-Petersburg; 2012. p. 188-201. (In Russ.)
- [10] Korchazhkina O.M. *Fraktal'naya model' protsessa poznaniya* [A Fractal Model of Cognition Process]. *Voprosy Filosofii*. 2016; (5):93-105. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26124709> (accessed 19.08.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [11] Belov M.V., Novikov D.A. *Metodologiya kompleksnoj deyatelnosti* [Integrated Activity Methodology]. Lenand, Moscow; 2018. 320 p. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38978535> (accessed 19.08.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [12] Nicolis G., Prigogine I. *Exploring Complexity: An Introduction*. W.H. Freeman; 1989. 313 p. (In Eng.)
- [13] Arshinov V.I. *Slozhnost' postneklassicheskikh praktik i budushhee konvergiruyuschikh texnologij* [The complexity of post-non-classical practices and the future of converging technologies]. *Postneklassicheskie praktiki: opyt kontseptualizatsii* = Post-non-classical practices: the experience of conceptualization. Mir, Saint-Petersburg; 2012. p. 165-187. (In Russ.)
- [14] Gnatik E.N. *Problemy informatizatsii obrazovatel'nogo prostanstva v kontekste narastayushchej neopredelyonnosti* [Problems of informatization of the educational space in the context of increasing uncertainty]. *Mir cheloveka: neopredelyonnost' kak vyzov* = The World of Man: Uncertainty as a Challenge. Lenand, Moscow; 2019. p. 352-366. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41408682> (accessed 19.08.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [15] *Mir cheloveka: neopredelyonnost' kak vyzov* = The World of Man: Uncertainty as a Challenge. Lenand, Moscow; 2019. p. 80-87. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41408674> (accessed 19.08.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [16] Astaf'eva O.N. *Sotsiokul'turnye praktiki v postneklassicheskoy nauke* [Socio-cultural practices in post-non-classical science]. *Postneklassicheskie praktiki: opyt kontseptualizatsii* = Post-non-classical practices: the experience of conceptualization. Mir, Saint-Petersburg; 2012. p. 273-301. (In Russ.)
- [17] Vygotsky L.S. *Istoriya razvitiya vysshikh psikhicheskikh funktsij* [The history of higher mental functions develop-



- ment]. Yurajt, Moscow; 2019. 336 p. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41257283> (accessed 19.08.2021). (In Russ.)
- [18] Mainzer K. *Thinking in Complexity: The Computational Dynamics of Matter, Mind, and Mankind*. 5th ed. Springer Berlin, Heidelberg; 2007. 482 p. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-540-72228-1>
- [19] Korchazhkina O.M. *Sostavlyayushchie inzhenerenogo myshleniya i rol' IKT v ikh formirovanii* [Components of engineering thinking and the role of information technologies in their formation]. *Informatika i obrazovanie = Informatics and Education*. 2018; (6):32-38. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35619000> (accessed 19.08.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [20] Rozin V.M. *Myshlenie: sushchnost' i razvitie. Konceptii myshleniya, Rol' myslyashchej lichnosti. Tsikly razvitiya myshleniya* [Thinking: essence and development. The concept of thinking. The role of the thinking person. Thinking development cycles.]. Lenand, Moscow; 2014. 358 p. (In Russ.)
- [21] Semenyuk E.P. *Informatsionnyj podkhod k poznaniyu dejstvitel'nosti* [The informational approach to get known the reality]. Naukova dumka, Kiev; 1988. 238 p. (In Russ.)
- [22] Shimukovich P.N. *Informatsionnyj metod tvorchestva. Informatiya, yazyk, semiotika, TRIZ na sluzhbe innovatsij* [The informational method of creativity. Information, language, semiotics, TRIZ at the service of innovation]. URSS, Moscow; 2019. 504 p. (In Russ.)
- [23] Meerovich M.I., Shragina L.I. *Tekhnologiya tvorcheskogo myshleniya* [Creative thinking technology]. Al'pina Business Books, Moscow; 2008. 495 p. (In Russ.)
- [24] Altshuller G. *Najti ideyu. Vvedenie v TRIZ – teoriyu resheniya izobretatel'skikh zadach* [To Find an idea. Introduction to TRIZ – theory of inventive problem solving]. Alpina Publisher, Moscow; 2008. 402 p. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22330007> (accessed 19.08.2021). (In Russ.)
- [25] Shimukovich P.N. *Soprjazhenie osnovnoj tvorcheskoj procedury i dopolnitel'nyh processov kak uslovie jeffektivnogo generirovaniya novyh idej* [Linking core creative procedure and complementary processes as a prerequisite for the effective generation of new ideas]. *Herald of Polotsk State University. Series B. Industry. Applied Sciences*. 2021; (11):59-64. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46565976> (accessed 19.08.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [26] Mikhailov V.A., Gorev P.M., Utemov V.V. *Nauchnoe tvorchestvo: Metody konstruirovaniya novykh idej na osnove TRIZ* [Scientific creativity: Methods of constructing new ideas based on TRIZ]. 2nd ed. Lenand, Moscow; 2018. 168 p. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32563015> (accessed 19.08.2021). (In Russ.)
- [27] Telemtaev M.M. *Ot razroznennykh idej i znaniy k tselostnoj sisteme: Kompletika: Ot teorii k osushchestvleniyu* [From disparate ideas and knowledge to a holistic system: Complexity: From theory to implementation]. Librokom, Moscow; 2016. 312 p. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26013088> (accessed 19.08.2021). (In Russ.)
- [28] Vygotsky L.S. *Myshlenie i rech': psikhologicheskie issledovaniya* [Thinking and speaking: psychological research]. Nacional'noe obrazovanie Publ., Moscow; 2019. 368 p. (In Russ.)
- [29] Konopkin O.A. *Psikhologicheskie mekhanizmy regulyatsii deyatel'nosti* [Psychological mechanisms of activity regulation]. URSS, Moscow; 2010. 316 p. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20107901> (accessed 19.08.2021). (In Russ.)
- [30] Korchazhkina O.M. The development of students' methodological culture while organizing information and cognitive activities. *Informatika i obrazovanie = Informatics and Education*. 2019; (6):16-25. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.32517/0234-0453-2019-34-6-16-25>
- [31] Anderson J.R. *Cognitive Psychology and its Implications*. 7th ed. Worth Publishers; 2009. 469 p. (In Eng.)

Submitted 19.08.2021; approved after reviewing 07.09.2021;
accepted for publication 17.09.2021.

About the author:

Olga M. Korchazhkina, Senior Research Fellow of the Institute for Cybernetics and Educational Computing, Federal Research Center "Computer Science and Control" of Russian Academy of Sciences (44 Vavilov St., building 2, Moscow 119333, Russian Federation), Cand. Sci. (Tech.), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0020-4914>, olgakomax@gmail.com

The author has read and approved the final manuscript.

