

# ПРОБЛЕМЫ МЕТОДОЛОГИИ

УДК 001:[159.955:62]+378.01

DOI: 10.17853/1994-5639-2023-8-12-48

## ИНЖЕНЕРНОЕ МЫШЛЕНИЕ: ВЕКТОРЫ РАЗВИТИЯ В КОНТЕКСТЕ ТРАНСФОРМАЦИИ НАУЧНОЙ КАРТИНЫ МИРА

Л. М. Андрюхина<sup>1</sup>, Б. Н. Гузанов<sup>2</sup>, С. В. Анахов<sup>3</sup>

*Российский государственный профессионально-педагогический университет,  
Екатеринбург, Россия.*

*E-mail: <sup>1</sup>andrlm@yandex.ru; <sup>2</sup>guzanov\_bn@mail.ru; <sup>3</sup>sergej.anahov@rsvpu.ru*

**Аннотация.** *Введение.* Подготовке высококвалифицированных инженерных кадров сегодня уделяется немалое внимание. Но идущие процессы конвергенции, появление сквозных технологий радикально не только меняют технологическую платформу производства, но и ведут к изменениям в научной картине мира, что непосредственно влияет на характер инженерного мышления, расширяя его диапазон далеко за рамки технической сферы. Без понимания особенностей современного инженерного мышления невозможно проектировать содержание и формы образования будущих инженеров. Активно идущие процессы технологической трансформации порождают в системе образования ситуацию неопределенности, а стремление ответить на возникающие вызовы чаще всего выражается в разрозненных, локальных образовательных решениях, если не опирается на обоснованные концептуальные модели подготовки кадров.

*Целью* статьи является формирование системного представления о структуре инженерного мышления и обозначение тенденций его трансформации в контексте изменений, идущих на уровне научной картины мира.

*Методология, методы и методики.* Теоретико-методологический анализ опирается на философскую методологию науки, что позволило выделить основные общенаучные подходы в понимании сущности инженерного мышления и рассмотреть влияние современной трансформирующейся научной картины мира на структуры мышления в инженерной деятельности. Для демонстрации значения полученных теоретико-методологических результатов на основе метода кейс-стади (case study – изучение ситуации) проведена реконструкция и анализ типичных, встречающихся в практике подготовки инженеров и разработке образовательных программ, ситуаций. Кейс-стади применялся как метод научного исследования, имеющий в исследуемой области свои преимущества перед другими эмпирическими методами.

*Результаты.* Выделены и проанализированы основные методологические подходы в понимании инженерного мышления: практико-ориентированный, феноменологический, концептуальный, контекстный. Обоснована системная модель инженерного мышления, включающая три уровня: технологический (мыслительность, технологии мышления); регулятивно-целевой (НКМ, парадигмы, стиль мышления и др.); ценностно-смысловой (ценностные установки, позиции, идеалы, нормы, стратегические приоритеты, смысловые паттерны). Проанализированы типичные кейсы, встречающиеся в практике подготовки инженерных кадров и показано как учет изменений, идущих на уровне НКМ, методологический рефлексивный анализ позволяют скорректировать стратегии проектирования образовательных программ. Раскрыто влияние современной

конвергентной среды на формирование ценностно-смысловых и регулятивно-целевых структур инженерного мышления и собственно на формы мыследеятельности инженера. Приведены инновационные модели подготовки будущих инженеров (на примере Российского государственного профессионально-педагогического университета), ориентированные на представленные в статье методологические подходы к пониманию инженерного мышления.

*Научная новизна.* Новизна предлагаемого исследования определяется расширением теоретико-методологических рамок рассмотрения инженерного мышления и векторов его развития. Если чаще всего вопросы развития инженерного мышления обсуждаются в рамках технологического развития или в логике внутрипрофессиональных трансформаций, то авторы статьи опираются на системное видение научной и инженерной деятельности. Это позволило ввести в поле научного рассмотрения инженерного мышления и инженерной деятельности такие регулятивные эпистемологические структуры, как научная картина мира (далее – НКМ), парадигма, стиль мышления и др., а также ценностно-смысловые структуры мышления и деятельности (ценностные установки, идеалы, эталоны деятельности, нормы, стратегические приоритеты, смысловые паттерны и др.). В теоретическом плане проведенное исследование имеет значение для преодоления узкотехнологического и технократического подходов, для обоснованного определения перспектив развития инженерного мышления в условиях конвергентных процессов.

*Практическая значимость* проведенного исследования заключается в определении методологических оснований для практики принятия решений в области подготовки инженерных кадров.

**Ключевые слова:** инженерное мышление, научная картина мира, структура инженерного мышления, уровни инженерного мышления, трансформация инженерного мышления, вызовы и риски конвергентных технологий, ценности инженера, смыслы деятельности инженера, гражданская ответственность инженера, типичные проблемные ситуации в проектировании образовательного процесса в подготовке инженеров, метод кейс-стади, новые форматы инженерного образования.

*Для цитирования:* Андриякина Л. М., Гузанов Б. Н., Анахов С. В. Инженерное мышление: векторы развития в контексте трансформации научной картины мира // Образование и наука. 2023. Т. 25, № 8. С. 12–48. DOI: 10.17853/1994-5639-2023-8-12-48

## ENGINEERING THINKING: VECTORS OF DEVELOPMENT IN THE CONTEXT OF THE TRANSFORMATION OF THE SCIENTIFIC PICTURE OF THE WORLD

L. M. Andryukhina<sup>1</sup>, B. N. Guzanov<sup>2</sup>, S. V. Anakhov<sup>3</sup>

Russian State Vocational Pedagogical University, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: <sup>1</sup>andrlm@yandex.ru; <sup>2</sup>guzanov\_bn@mail.ru; <sup>3</sup>sergej.anahov@rsvpu.ru

**Abstract.** *Introduction.* Considerable attention is paid to the training of highly qualified engineering personnel today. But the ongoing processes of convergence, the emergence of end-to-end technologies radically change not only the technological platform of production, but lead to changes in the scientific picture of the world, which directly affects the nature of engineering thinking, expanding its range far beyond the technical sphere. Without the understanding of the features of modern engineering thinking, it is impossible to design the content and forms of education for future engineers. Actively ongoing processes of technological transformation in the education system give rise to a situation of uncertainty, and the desire to respond to emerging challenges, most often, is expressed in disparate, local educational solutions, if they are not based on scientifically sound conceptual models of personnel training.

*Aim.* The present research *aims* to form a systematic understanding of the structure of engineering thinking and identify the trends of its transformation in the context of changes in the scientific picture of the world.

*Methodology and research methods.* Theoretical and methodological analysis was based on the philosophical methodology of science, which made it possible to single out the main general scientific approaches in understanding the essence of engineering thinking and to consider the influence of the modern transforming scientific picture of the world on the structures of thinking in engineering activities. On the basis of the case study method, a reconstruction and analysis of typical situations encountered in the practice of training engineers and developing educational programmes was carried out to demonstrate the significance of the theoretical and methodological results obtained. The case study was used as a method of scientific research, which has its advantages over other empirical methods in the area under study.

*Results.* The main methodological approaches in understanding engineering thinking are identified and analysed: practice-oriented, phenomenological, conceptual, and contextual. A systemic model of engineering thinking is substantiated, including three levels: technological (mental activity, technologies of thinking); regulatory-target (scientific picture of the world, paradigms, style of thinking, etc.); value-semantic (value attitudes, positions, ideals, norms, strategic priorities, semantic patterns). Typical cases that are encountered in the practice of training engineering personnel are analysed. It is shown how the changes in the scientific picture of the world and methodological reflexive analysis allow the strategies for designing educational programmes to be adjusted. The influence of the modern convergent environment on the formation of value-semantic and regulatory-target structures of engineering thinking and on the forms of the engineer's mental activity is revealed. Innovative models for the training of future engineers are presented (on the example of the Russian State Vocational Pedagogical University), focused on the methodological approaches presented in the article to understanding engineering thinking.

*Scientific novelty.* The novelty of the proposed research is determined by the expansion of the theoretical and methodological framework for considering engineering thinking and the vectors of its development. The issues of the development of engineering thinking are most often discussed within the framework of technological development or in the logic of intra-professional transformations; the authors of the current study rely on a systematic vision of scientific and engineering activities. This made it possible to introduce into the field of scientific consideration of engineering thinking and engineering activities such regulatory epistemological structures as the scientific picture of the world, paradigm, style of thinking, etc., as well as value-semantic structures of thinking and activity (value attitudes, ideals, standards activities, norms, strategic priorities, semantic patterns, etc.). In theoretical terms, the study is important for overcoming narrow technological and technocratic approaches, for a reasonable determination of the prospects for the development of engineering thinking in the conditions of convergent processes.

*Practical significance.* The *practical significance* of the study is the determination of the methodological foundations for the practice of decision-making in the field of engineering training.

**Keywords:** engineering thinking, scientific picture of the world, structure of engineering thinking, levels of engineering thinking, transformation of engineering thinking, challenges and risks of convergent technologies, values of an engineer, meanings of the engineer's activity, civic responsibility of an engineer, typical problem situations in the design of the educational process in the engineering training, case study method, new formats of engineering education.

**For citation:** Andryukhina L. M., Guzanov B. N., Anakhov S. V. Engineering thinking: Vectors of development in the context of the transformation of the scientific picture of the world. *Obrazovanie i nauka = The Education and Science Journal*. 2023; 25 (8): 12–48. DOI: 10.17853/1994-5639-2023-8-12-48

# PENSAMIENTO INGENIERIL: VECTORES DEL DESARROLLO EN EL CONTEXTO DE LA TRANSFORMACIÓN DE LA VISIÓN CIENTÍFICA DEL MUNDO

L. M. Andriújjina<sup>1</sup>, B. N. Guzánov<sup>2</sup>, S. V. Anájov<sup>3</sup>

Universidad Pedagógica Vocacional Estatal de Rusia, Ekaterimburgo, Rusia.

E-mail: <sup>1</sup>andrlm@yandex.ru; <sup>2</sup>guzanov\_bn@mail.ru; <sup>3</sup>sergej.anahov@rsvp.ru

**Abstracto.** *Introducción.* Hoy en día se presta mucha atención a la formación del personal de ingeniería altamente calificado. Sin embargo, procesos de convergencia en curso, el surgimiento de tecnologías de extremo a extremo no solo cambian radicalmente la plataforma tecnológica de producción, sino que también conducen a cambios en la imagen científica del mundo, lo que afecta directamente la naturaleza del pensamiento ingenieril, ampliando su diapasón mucho más allá del ámbito técnico. Al no comprender las características del pensamiento moderno ingenieril, es imposible diseñar el contenido y las formas de educación para los futuros ingenieros. Los procesos activos de transformación tecnológica dan lugar a una situación de incertidumbre en el sistema educativo, y el deseo de responder a los desafíos emergentes se expresa con mayor frecuencia en soluciones educativas locales dispares, si no se apoyan en modelos conceptuales sólidos de formación de personal.

*Objetivo.* El propósito del artículo propuesto es formar una comprensión sistemática de la estructura del pensamiento ingenieril y designar las tendencias de su transformación en el contexto de los cambios que se están produciendo a nivel de la visión científica del mundo.

*Metodología, métodos y procesos de investigación.* El análisis teórico y metodológico se basó en la metodología filosófica de la ciencia, que permitió resaltar los principales enfoques científicos generales para comprender la esencia del pensamiento ingenieril y considerar la influencia de la visión científica transformadora moderna del mundo en las estructuras de pensamiento en las actividades de ingeniería. Para demostrar la trascendencia de los resultados teóricos y metodológicos obtenidos, a partir del método del estudio de caso, se realizó una reconstrucción y análisis de situaciones típicas encontradas en la práctica de la formación de ingenieros y el desarrollo de programas educativos. Se utilizó el estudio de caso como método de investigación científica, el cual tiene sus ventajas frente a otros métodos empíricos en el área de estudio.

*Resultados.* Se identifican y analizan los principales enfoques metodológicos para comprender el pensamiento de la ingeniería: orientado a la práctica, fenomenológico, conceptual y contextual. Se fundamenta un modelo sistémico de pensamiento de ingeniería, que incluye tres niveles: tecnológico (actividad mental, tecnologías del pensamiento); objetivo regulatorio (visión científica del mundo VCM, paradigmas, estilo de pensamiento, etc.); valor semántico (actitudes valorativas, posiciones, ideales, normas, prioridades estratégicas, patrones semánticos). Se analizan los casos típicos encontrados en la práctica de la formación de personal de ingeniería y se muestra cómo teniendo en cuenta los cambios que se producen a nivel de la visión científica del mundo VCM, el análisis reflexivo metodológico permite ajustar las estrategias para el diseño de programas educativos. Se revela la influencia del entorno convergente moderno en la formación de estructuras de valores semánticos y regulatorias del pensamiento ingenieril y en las formas de la actividad mental del ingeniero. Se presentan modelos innovadores para la formación de futuros ingenieros (en el caso de la Universidad Pedagógica Vocacional Estatal de Rusia), centrados en los enfoques metodológicos presentados en el artículo para comprender el pensamiento ingenieril.

*Novedad científica.* La novedad de la investigación propuesta está determinada por la ampliación del marco teórico y metodológico para considerar el pensamiento ingenieril y los vectores de su desarrollo. Si las cuestiones del desarrollo del pensamiento ingenieril se discuten con mayor frecuencia en el marco del desarrollo tecnológico o en la lógica de las transformaciones intraprofesionales, los autores del artículo lo han hecho basándose en una visión sistemática de las actividades científicas y de ingeniería. Esto hizo posible introducir en el campo de la consideración científica del pensamiento y de la actividad ingenieril estructuras epistemológicas reguladoras como la visión científica del mundo (en adelante, VCM), el

парадигма, el estilo de pensamiento, etc.), así como las estructuras del valor semántico del pensamiento y actividad (actitudes valorativas, ideales, estándares de actividad, normas, prioridades estratégicas, patrones semánticos, etc.). En términos teóricos, el estudio es importante para superar enfoques tecnológicos y tecnocráticos estrechos, para determinar razonablemente las perspectivas de desarrollo del pensamiento ingenieril en condiciones de procesos convergentes.

*Significado práctico.* La importancia práctica del estudio llevado a cabo, ha sido determinar los fundamentos metodológicos para la práctica de la toma de decisiones en el campo de la formación en ingeniería.

**Palabras claves:** pensamiento ingenieril, visión científica del mundo, estructura del pensamiento ingenieril, nivel del pensamiento ingenieril, transformación del pensamiento ingenieril, desafíos y riesgos de las tecnologías convergentes, valores del ingeniero, significados de la actividad del ingeniero, responsabilidad civil del ingeniero, situaciones problemáticas típicas en el diseño del proceso educativo en la formación de ingenieros, método de estudio de caso, nuevos formatos de la educación en ingeniería.

**Para citas:** Andriújina L. M., Guzánov B. N., Anájov S. V. Pensamiento ingenieril: Vectores del desarrollo en el contexto de la transformación de la visión científica del mundo. *Obrazovanie i nauka = Educación y Ciencia.* 2023; 25 (8): 12–48. DOI: 10.17853/1994-5639-2023-8-12-48

*Наука перестраивается на наших глазах.*

*В. И. Вернадский*

## Введение

В. И. Вернадский писал о научной мысли как о планетарной силе, включая инженерное, преобразующее планету мышление, создающее технику и изменяющее жизнь человека<sup>1</sup>.

Актуальность осмысления роли инженерного мышления сегодня только возрастает. Мы все больше убеждаемся, что именно мышление, несмотря на растущие возможности воспроизведения многих мыслительных операций с помощью искусственного интеллекта, остается собственно прерогативой и подлинной сущностной силой человека и человечества, главной составляющей роста человеческого потенциала общества и его преобразования. Инженерное мышление не только все больше проявляется сегодня как мощная преобразующая реальность сила, но и само претерпевает изменения, так как подвержено влиянию активно идущих трансформаций научного знания и научной картины мира.

Если еще 10–15 лет назад инженерное мышление воспринималось как синоним понятия «техническое мышление», то сегодня развитие сквозных технологий (информационные технологии, нанотехнологии), конвергенция самых ранее отдаленных областей научных знаний с каждым годом ведут ко все большему размыванию границ инженерной деятельности, к ее усложнению. Она все сильнее переплетается с социальными, экономическими и экологическими процессами. Сегодня, как отмечают G. Madhanan и другие специалисты, ограничение инженерного мышления только рамками технической отрасли ошибочно. Оно может быть применимо в любых видах деятельности, не относящихся к инженерным [1].

<sup>1</sup> Вернадский В. И. Научная мысль как планетное явление [Электрон. ресурс]. Москва: Наука, 1991. С. 77. Режим доступа: <http://vernadsky.lib.ru/e-texts/archive/thought.html> (дата обращения: 12.06.2023).

В Российской Федерации проблеме подготовки высококвалифицированных инженерных кадров в целях ускоренного перехода к современным технологическим укладам уделяется большое внимание. За последние 10 лет с целью решения подобных задач в России было создано немало институтов (СколТех<sup>1</sup>, АСИ – Агентство стратегических инициатив, федеральные<sup>2</sup>, научно-исследовательские и опорные университеты, Кружковое движение и Университеты 20.35<sup>3</sup>), а также программ развития (НТИ – национальная технологическая инициатива<sup>4</sup>, Стратегия НТР РФ<sup>5</sup>, Национальные проекты «Образование», «Цифровая экономика» и т. д.<sup>6</sup>). Реализуется Федеральный проект «Передовые инженерные школы»<sup>7</sup>.

Вместе с тем активно идущие процессы трансформации в социальной и технологической сферах в системе образования порождают ситуацию неопределенности, а стремление ответить на возникающие вызовы чаще всего выражается в разрозненных, локальных образовательных решениях, подчас даже противоречащих одно другому. Например, В. И. Лившиц считает, что необходимо усилить технологическую подготовку инженерных кадров в ответ на запросы развивающегося высоко-технологичного производства [2], Б. Н. Гузанов, Н. Ю. Горюшина обращают внимание на то, что «выпускники вузов в большинстве своем довольно слабо ориентируются в различных социальных и профессиональных ситуациях, не умеют прогнозировать социальные последствия и нести личную ответственность за результаты своей деятельности» [3, с. 119], и в связи с этим, по мнению Л. К. Габышевой, акцент нужно делать на развитии надпрофессиональных навыков, soft skills, социально-гуманитарной составляющей инженерного мышления [4]. Все это актуализирует обращение к системному анализу особенностей инженерного мышления, его структуры в современных условиях глубинных трансформаций научного знания, технологического уклада, видов и форм профессиональной деятельности, динамики социальных процессов.

**Целью** предлагаемой статьи является формирование системного представления о структуре инженерного мышления и обозначение тенденций его трансформации в контексте изменений, идущих на уровне научной картины мира.

Цель статьи предполагает поиск ответов на следующие исследовательские вопросы: почему в практике образования возникают методологически различ-

<sup>1</sup> СколТех [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://www.skoltech.ru> (дата обращения: 01.04.2023).

<sup>2</sup> АСИ – Агентство стратегических инициатив [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://asi.ru> (дата обращения: 01.04.2023).

<sup>3</sup> УНИВЕРСИТЕТ 2035 [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://www.2035.university> (дата обращения: 01.04.2023).

<sup>4</sup> НТИ – национальная технологическая инициатива [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://nti2035.ru> (дата обращения: 01.04.2023).

<sup>5</sup> Указ Президента РФ о Стратегии НТР РФ [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41449> (дата обращения: 01.04.2023).

<sup>6</sup> Национальные проекты РФ [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://национальныепроекты.рф> (дата обращения: 01.04.2023).

<sup>7</sup> Федеральный проект «Передовые инженерные школы» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://engineers2030.ru> (дата обращения: 01.04.2023).



ные и даже противоположные установки (технологизации и гуманитаризации, фундаментализации и практической ориентированности, специализации и транспрофессионализации и др.) в определении векторов развития инженерного мышления и образования? Что может выступать методологической основой их интеграции? Каким образом процессы конвергенции технологий, появление сквозных технологий влияют на инженерное мышление? Как изменяются наука и научная деятельность, какие изменения идут на уровне научной картины мира, как это влияет на инженерное мышление?

**Гипотеза** исследования заключается в предположении, что методологические разрывы и противоречия, возникающие в области формирования стратегий развития инженерного образования, могут быть преодолены при условии выработки понимания сущности трансформаций, идущих в условиях конвергенции на уровне регулятивных эпистемологических структур науки, таких как научная картина мира (далее – НКМ), парадигма, стиль мышления и др., а также на уровне ценностно-смысловых структур мышления и деятельности (ценностные установки, идеалы, эталоны деятельности, нормы, стратегические приоритеты, смысловые паттерны и др.) и формирования на этой основе системного представления о структуре инженерного мышления.

К **ограничениям** исследования можно отнести отвлечение от многообразия форм и видов профессиональной направленности инженерного мышления и образования. Внимание авторов было сконцентрировано главным образом на выделении общих теоретико-методологических оснований инженерного мышления, определяющих его инвариантные характеристики и тенденции развития.

Отметим, что в целом системное концептуальное понимание структуры и тенденций развития инженерного мышления необходимо для теоретического осмысления современных конвергентных процессов в науке и образовании, а также для определения методологических оснований для практики принятия решений в области подготовки инженерных кадров.

## Обзор литературы

Инженерное мышление исследуется сегодня с разных сторон и все больше предстает как многоуровневый и полимодальный феномен. Вместе с тем, по мнению Д. А. Мустафиной, Г. А. Рахманкуловой, Н. Н. Коротковой, большинство определений инженерного мышления либо достаточно общие, либо формулируются на основе анализа преимущественно технических видов деятельности [5].

Анализ научных источников позволил выделить несколько методологических оснований в формировании представлений об инженерном мышлении, о его составляющих.

Во-первых, это практико-ориентированный подход, характерный для позиции работодателей и выражающийся в выявлении профессиональных дефицитов инженерных кадров.

Во-вторых – феноменологический подход, представляющий особенности инженерного мышления через перечень свойств, видов деятельности и мышления.

В-третьих, это концептуальный подход, в рамках которого разрабатываются концептуальные модели инженерного мышления.

В-четвертых, это модели инженерного мышления, реализующиеся в практике инженерного образования (контекстный подход).

Все это должно быть учтено при проектировании программ инженерной подготовки в высшей школе.

Обращаясь к *практико-ориентированному подходу*, отметим, что, по мнению Ю. П. Похолкова и Б. Л. Аграновича, потенциальных работодателей во многом не устраивает сложившаяся система инженерного образования, обеспечивающая подготовку специалистов. Главным образом они выделяют:

- низкую подготовленность выпускников технических вузов к жесткой конкуренции на рынке труда;
- их неспособность вести самостоятельную деятельность в условиях неопределенности;
- отсутствие инициативности и способности к инновациям;
- низкие коммуникативные способности, организаторские и управленческие навыки (отсутствие умения и готовности работать, эффективно взаимодействовать в команде, достигать коллективных целей и др.);
- недостаточный уровень теоретической, психологической подготовленности выпускников; отсутствие системности мышления;
- недостаточность или отсутствие профессионального опыта (практической подготовки);
- неспособность адаптироваться к новым условиям, гибко перестраиваться и т. п. [6].

Зарубежные исследователи отмечают, что студенты инженерных специальностей в своих проектах обычно оставляют вне поля зрения социальные последствия технических достижений. Так, J. A. Leydens и J. C. Lucena (Колорадская школа горного дела, США) приводят примеры, демонстрирующие, что студентов инженерных специальностей просто не интересуют социальные аспекты технических знаний [7].

В рамках *практико-ориентированного* подхода речь идет не только о профессиональных дефицитах, выявляемых в условиях современного производства, но и о прогнозировании трансформаций инженерного мышления, компетенций инженера будущего. По сути, это прогнозирование будущих возможных дефицитов, которые могут возникнуть, если не начинать уже сегодня предпринимать определенные действия по изменению подходов в системе образования.

В материалах Всемирной инициативы CDIO, в публикациях нынешнего лидера инициативы E. F. Crawley, директора по образованию факультета аэрокосмической инженерии в TU Delft (Нидерланды), с коллегами описан компетент-



ностный портрет инженера 2030, который включает такие умения инженера будущего, как использование для решения задач разнообразных подходов и методов междисциплинарного толка, владение общим языком всех инженеров – математикой, программированием, моделированием и визуализацией, способность к креативному, гибкому мышлению, интуиции, готовность и умение на практике решать актуальные проблемы<sup>1</sup>. Важным моментом является воспитание у будущего инженера настоящей любви к обучению, которое потребуется ему на протяжении всей активной профессиональной жизни: обучение не только в сфере техники и технологий, но и развивающее общую эрудицию, выходящую за рамки профессии [8; 9].

Если обобщить материалы, представленные в рамках *практико-ориентированного подхода* по исследуемой тематике, то можно сказать, что речь, главным образом, идет о необходимости развития высших регуляторных структур мышления, о расширении диапазона, предметного поля и технологий инженерного мышления и о повышении его креативного потенциала. Например, S. Celik, S. Kirjavainen, T. A. Bjorklund (Университет Аалто, Финляндия) по результатам лонгитюдного исследования, касающегося курса проектного обучения магистрантов инженерного направления, подчеркивают, что внедрение творческих навыков решения проблем в инженерное образование на практике создает многочисленные преимущества для поддержки понимания системных инновационных решений [10].

Фактически к таким же выводам приводит анализ источников, которые можно отнести к *феноменологическому подходу*. В рамках этого подхода А. А. Баранова, Б. Н. Гузанов, И. Н. Бажукова, И. А. Звонарева, Т. Л. Ловцевич выделяют среди характеристик инженерного мышления такие его особенности, как формирование коммуникативной компетенции как составляющей общекультурной компетенции, обеспечивающей готовность к профессиональной деятельности и позволяющей формировать инженерное мышление новой формации [11]; владение не только знаниями, умениями и навыками, но и междисциплинарной профессиональной мобильностью [12]; всесторонняя образованность, широкие познания во многих областях науки и техники [13].

Д. А. Мустафина, Г. Рахманкулова, Н. Н. Короткова, Г. А. Кузмин, И. В. Ребро в своих исследованиях пишут о четырехкомпонентной структуре инженерного мышления, которая включает в себя следующие компоненты: техническое, конструктивное, научно-исследовательское и экономическое мышление [5; 14].

Определение инженерного мышления через перечисление входящих в него видов мышления представлено и в программных документах различного уровня. Например, в Концепции развития инженерного образования на территории Амурской области отмечается: «Основой инженерного мышления являются высокоразвитое творческое воображение, многократное системное творческое

<sup>1</sup> Всемирная инициатива CDIO. Планируемые результаты обучения (CDIO Syllabus): информационно-методическое издание. [Электрон. ресурс] / пер. с англ. и ред. А. И. Чучалина, Т. С. Петровской, Е. С. Кулюкиной. Томск: Изд-во Томского политехнического ун-та, 2011. 22 с. Режим доступа: [http://www.cdio.org/files/syllabus/CDIO\\_Syllabus\\_rus\\_TPU.pdf](http://www.cdio.org/files/syllabus/CDIO_Syllabus_rus_TPU.pdf) (дата обращения: 01.04.2023).

осмысление знаний, владение методологией технического творчества, позволяющей сознательно управлять процессом генерирования новых идей.

Инженерное мышление объединяет различные виды мышления: логическое, творческое, наглядно-образное, практическое, техническое, конструктивное, исследовательское, экономическое и др.»<sup>1</sup>. S. K. Gilmartin, A. Shartrand, H. L. Chen, C. Estrada, S. Sheppard, T. Brown выделяют еще такие приобретающие большую актуальность составляющие инженерного мышления, как предпринимательское мышление [15] и дизайн-мышление [16; 17].

Вместе с тем одного лишь перечисления признаков, свойств, составляющих и технологий инженерного мышления недостаточно. Необходимо формирование его концептуальной модели. В этом отношении заслуживает особого внимания Школа системо-мыследеятельностной методологии (далее – СМД-методология), связываемая с именем российского философа Г. П. Щедровицкого (Shchedrovitskiy, 1995) и действовавшая в 1950–1970-е годы как онтологическое направление социально-гуманитарного знания в области разработки теории деятельности и мышления. Сегодня идеи и принципы этой школы продолжают развиваться П. Г. Щедровицким и под его руководством некоммерческим научным фондом «Институт развития им. Г. П. Щедровицкого». На наш взгляд, на сегодняшний день это одна из наиболее разработанных концепций инженерного мышления. «Инженерное мышление по определению П. Г. Щедровицкого – это производная не от отдельного человека, а от коллективной мыследеятельности, включающей в себя конструктивную деятельность, коммуникацию, преимущества кооперации и разделения труда». Главный предмет внимания П. Г. Щедровицкого – изучение технологий мышления. Технологии инженерного мышления развивались от технологий конструирования (нулевая промышленная революция) к проектным технологиям мышления (первая промышленная революция), затем к технологиям исследования (вторая промышленная революция) и к технологиям программирования, понимаемым в широком смысле (третья промышленная революция, или Индустрия 4.0) [18]. Сегодня во всем мире доминирующей концептуальной моделью инженерной деятельности и инженерного мышления в технической сфере становится модель системной инженерии<sup>2</sup>, которая во многом перекликается с методологией Московского методологического кружка (ММК)<sup>3</sup>.

Одним из признанных в России специалистов по системной инженерии выступает профессор В. К. Батоврин, являющийся автором первого в данной области учебного пособия по политехническому образованию [19]. Также благодаря активной научно-педагогической деятельности А. И. Левенчука, дирек-

<sup>1</sup> Концепция развития инженерного образования на территории Амурской области (от 17 апреля 2019 года N 70-р) [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/553255509> (дата обращения: 31.03.2023).

<sup>2</sup> Руководство по Своду знаний по системной инженерии (SEBoK) [Электрон. ресурс]. Режим доступа: [https://sebokwiki.org/wiki/Guide\\_to\\_the\\_Systems\\_Engineering\\_Body\\_of\\_Knowledge\\_\(SEBoK\)](https://sebokwiki.org/wiki/Guide_to_the_Systems_Engineering_Body_of_Knowledge_(SEBoK)) (дата обращения: 31.03.2023).

<sup>3</sup> Московский методологический кружок [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://www.fondgp.ru/mmk> (дата обращения: 31.03.2023).

тора Русского отделения Международного совета по системной инженерии, на исследовательском ландшафте получает развитие онтологический подход под названием «системно-инженерное мышление» [20]. Системная инженерия переросла рамки инженерной дисциплины и превратилась в междисциплинарный подход, активно использующий достижения различных отраслей знаний: программной инженерии, эргономики, управления проектами, управления качеством, математики, философии, лингвистики, теории принятия решений, операционного исчисления и др. В рамках этого подхода сформирован единый методологический базис для описания всех процессов жизненного цикла систем [21].

Наряду с обозначенными выше концептуальными моделями, которые, на наш взгляд, все-таки не получили еще в образовании широкого применения, во всем мире используется достаточно большой набор «выращенных» в самой образовательной практике моделей развития инженерного мышления в подготовке инженеров. Это модели STEM- и STEAM-образования (в различных вариантах) [22], модель развития мышления Перри (dualism – multiplicity – relativism – commitment) [23], это также модель, разработанная в рамках Всемирной инициативы CDIO, выстроенная в логике системы жизненного цикла продукта/проекта. В последние годы предлагаемых моделей развития инженерного мышления становится все больше, причем в этом процессе активное участие принимает и Россия.

В практике инженерной подготовки в России разрабатываются и начинают активно применяться модели транспрофессиональной подготовки<sup>1</sup>. Инновационные подходы реализуются в проекте «Школа Росатома». По всей стране развернута сеть «Атомклассов» с целью поддержки и развития естественно-научного и математического образования в школе за счет создания современных условий для реализации программ углубленного изучения предметов естественно-математического цикла, поддержки проектной и исследовательской деятельности учащихся, привития учащимся в образовательном процессе ценностей Госкорпорации «Росатом»: эффективность, командность, уважительность, ответственность за результат, стремление быть на шаг впереди.

Модели опережающей подготовки инженерных кадров, разработанные в партнерстве с высокотехнологичными компаниями, сегодня представлены в программах 30 передовых инженерных школ РФ, вышедших в финал федерального конкурса «Передовые инженерные школы» (ПИШ)<sup>2</sup>. Так, например, модель развития, представленная Томским политехническим университетом, фокусируется на системной интеграции исследовательской, инженерной и предпринимательской деятельности<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Сеть «Атомклассов» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://rosatomschool.ru/atomclass-network> (дата обращения: 31.03.2023).

<sup>2</sup> Сайт Федерального проекта «Передовые инженерные школы» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://engineers2030.ru> (дата обращения: 31.03.2023).

<sup>3</sup> Программа развития ПИШ «Интеллектуальные энергетические системы» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: [https://analytics.engineers2030.ru/schools/tpu/development-program#item\\_22](https://analytics.engineers2030.ru/schools/tpu/development-program#item_22) (дата обращения: 01.04.2023).

В программе инженерной школы УрФУ ставится задача таким образом построить подготовку, чтобы выпускники ПИШ обладали глобальным видением цифровой трансформации производств, системным подходом к работе, способностью руководить изменениями в производственных процессах и пониманием связанных технологий<sup>1</sup>.

В инженерной школе Новгородского государственного университета имени Ярослава Мудрого в центр внимания ставится развитие у обучающихся компетенций инженера-лидера, способного осуществлять квалифицированное управление продуктами инженерной деятельности, технологическими проектами и программами развития высокотехнологичных организаций, а также развитие креативного мышления, навыков командной работы, инженерного и технологического творчества<sup>2</sup>.

### **Методология, материалы и методы**

Новизна предлагаемого исследования определяется расширением теоретико-методологических рамок рассмотрения инженерного мышления и векторов его развития. Если чаще всего вопросы развития инженерного мышления обсуждаются в рамках технологического развития или в логике внутрипрофессиональных трансформаций, то авторы статьи опираются на системное видение научной и инженерной деятельности, вырабатываемое в рамках современного философско-методологического и общеметодологического анализа.

Это позволило ввести в поле научного рассмотрения инженерного мышления и инженерной деятельности такие регулятивные эпистемологические структуры, как научная картина мира (далее – НКМ), парадигма, стиль мышления и др., а также ценностно-смысловые структуры мышления и деятельности (ценностные установки, идеалы, эталоны деятельности, нормы, стратегические приоритеты, смысловые паттерны и др.). При этом сегодня все больше речь идет не только о ретроспективной реконструкции НКМ на материале исторически данной и сформированной социокультурной реальности, но о социальном конструировании картин мира, которые задают новые пространства, топологии или конфигурации бытия. Конструктивистский подход, положенный авторами статьи в основу понимания НКМ, позволяет выйти в сферу управления знаниями (менеджмент знаний), где функции НКМ, выявленные ранее в эпистемологии, приобретают свое инструментальное воплощение в инжиниринге знаний.

Методом исследования степени изученности вопросов сущности и развития инженерного мышления стал анализ научных публикаций, размещенных в международной реферативной базе данных рецензируемой научной литера-

<sup>1</sup> Программа развития ПИШ «Уральская передовая инженерная школа „Цифровое производство“» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://analytics.engineers2030.ru/schools/urfu> (дата обращения: 01.04.2023).

<sup>2</sup> Программа развития ПИШ «Распределенные системы управления технологическими процессами и интегрированные системы управления данными» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://analytics.engineers2030.ru/schools/novsu/development-program> (дата обращения: 01.04.2023).

туры Scopus, представленных на сайте Elsevier, и отечественных публикаций, размещенных в научной электронной библиотеке eLIBRARY.ru. Поиск проводился по ключевым словам «инженерное мышление / engineering thinking», «тренды технологического развития / technological development trends», «ключевые компетенции инженера / key competencies of an engineer», «профессиональные дефициты в подготовке инженера / professional deficiencies in engineer training», «регулятивно-целевые основания инженерной деятельности / regulatory-target bases of engineering activity», «ценностно-смысловые основания инженерной деятельности / value-semantic foundations of engineering activity», «научная картина мира / scientific picture of the world». В ходе исследования были проанализированы основные научные труды за последние 20 лет.

Для демонстрации значения полученных теоретико-методологических результатов на основе метода кейс-стади (case study – изучение ситуации) предложены реконструкция и анализ типичных ситуаций, встречающихся в практике подготовки инженеров и разработке образовательных программ. Кейс-стади применялся как метод научного исследования, имеющий свои преимущества перед другими эмпирическими методами. М. Бельских и Г. В. Варганова подчеркивают, что по своей природе кейс-стади инклюзивный, т. е. охватывает всю цепочку взаимоувязанных процессов. Такая целостная взаимосвязь выгодно отличает кейс-стади от других методов исследования комплексных проблем. Именно кейс-стади, как считают М. Бельских и Г. В. Варганова, гарантирует полноту охвата данных и их генерализацию (обобщение) [24; 25]. При анализе ситуаций в центре внимания был поиск ответа на вопрос: как учет целостной, системной структуры инженерного мышления, включающей НКМ и ценностно-смысловые его основания, позволяет по-новому подойти к выработке стратегических решений в ключевых ситуациях, складывающихся в практике современного инженерного образования.

## Результаты исследования

Проведенный анализ различных подходов выявляет калейдоскоп концептов, моделей и практик, само многообразие которых (и постоянное появление новых, претендующих на роль доминирующей парадигмы) манифестирует ситуацию, в которой мы находимся: это ситуация трансформации научной картины мира, смены ценностно-смысловых оснований мышления и деятельности, процессов, обусловленных переходом к новому технологическому укладу. Вместе с тем роль этих высших регулятивных структур мышления и деятельности в инженерном мышлении исследована явно недостаточно.

По мнению В. С. Степина и Л. Ф. Кузнецовой, научная картина мира понимается в философской методологии науки как специфическая форма систематизации научного знания, задающая видение предметного мира науки соответственно определенному этапу ее функционирования и развития [26]. Функции НКМ как формы систематизации и развития научного знания, а также и другие собственно регулятивные, предпосылочные структуры научного

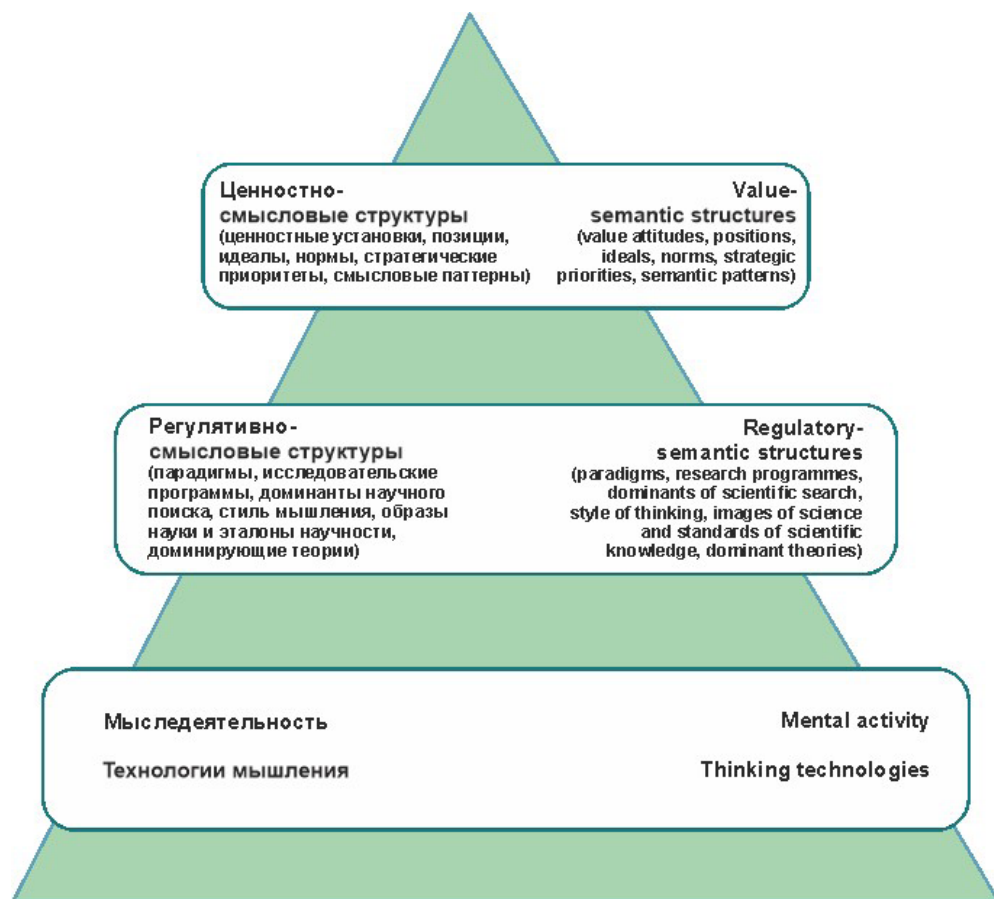


Рис. 1. Структурно-системная модель инженерного мышления

Fig. 1. Structural-system model of engineering thinking

мышления (парадигма, стиль научного мышления, научно-исследовательские программы и т. д.) изучены достаточно хорошо в истории, методологии и философии науки. К. В. Билянский отмечает, что среди функций НКМ выделяются синтез научных знаний, которые включаются в картину мира, построение онтологии, представления об изучаемой реальности; систематизация научного знания; собственно регулятивная функция – функция исследовательской программы, которая направляет постановку эмпирических и теоретических задач, а также выбор средств их решения [27].

При этом в философии и методологии науки «...все больше речь идет не только о ретроспективной реконструкции картин мира на материале исторически данной и сформированной социокультурной реальности, но и о социальном конструировании картин мира, которые задают новые пространства,



топологии или конфигурации бытия. В этом смысле осуществляется движение не только от реальности к ее выражению в идеальном конструкте «картина мира», но и от специально и целенаправленно формируемого конструкта «картина мира» к его воплощению в реальность культуры, социума, менеджмента, образования, знаний» [28].

Сегодня идет процесс формирования новой НКМ, включающей в том числе радикальное изменение образа науки в цифровую эпоху и понимание человеком самого себя и своего места в мире. По сути, сегодня мы можем повторить слова В. И. Вернадского, характеризовавшего науку своего времени, но которые очень созвучны нашей эпохе: «Мы переживаем коренную ломку научного мировоззрения, происходящую в течение жизни ныне живых поколений, переживаем создание огромных новых областей знания, ... изменение научной методик, идущее с быстротой, какую мы напрасно стали бы искать в сохранившихся летописях и в записях мировой науки» [29, с. 38].

Идущая в современной науке перестройка затрагивает глубинные ценности ориентации людей и в зависимости от принятых учеными, инженерами, гражданами, государствами и т. д. ценностных установок результаты научных изысканий сегодня в большей мере, чем когда-либо ранее, могут вести либо к успеху и процветанию, либо к гибели человечества.

*Возрастает ответственность, возлагаемая в том числе на инженеров.* В этом широком, социально-культурном контексте, а не только в контексте трансформации технологий формируется сегодня запрос к образованию, к подготовке инженерных кадров. Некоторые «точки роста», точки трансформации представлений о реальности, с которой имеет дело инженер XXI века, можно определить с помощью метода case study. Обозначим их на основе анализа нескольких кейсов.

**Кейс первый.** *Конвергенция естественно-научного, технического и гуманитарного знания.* Сегодня по запросу «гуманитаризация инженерного мышления и образования» Google выдает свыше 12 000 результатов. Уже это говорит о том, что перед нами одна из точек происходящей трансформации. Применительно к образованию в большинстве публикаций речь идет чаще всего о добавлении отдельных гуманитарных предметов в образовательные программы по инженерной подготовке, но нет речи о формировании гуманитарных технологий мышления и реконструкции ментальных моделей, возникающих в областях конвергенции, а также в различных трансфер-интегративных областях научного знания и деятельности, которые формируются, как считает академик РАО И. В. Роберт, под влиянием информационных технологий [30–32]. То есть не осуществляется выход на уровень осмысления современной формирующейся НКМ. Перспективные ментальные модели возникают сегодня повсеместно в областях конвергенции. Идет, например, процесс конвергенции математического знания и социальных наук, формирование совершенно нового математического аппарата для построения синергетических моделей в экономике. Совершенствование математических методов описания сложных

систем должно дать существенный толчок и развитию жизненно важных для ближайшего будущего технологий – освоению космического пространства, беспилотным системам управления, предсказанию и управлению погодой и климатом, способствовать прогрессу и в социальных сферах – политике, искусстве, не говоря уже об экономике и социологии. На этом пути, как утверждают специалисты<sup>1</sup>, должна появиться качественная, концептуальная теория формирования динамических конфигураций в хаотически сложных системах (Я. Стюарт, В. С. Степин, Л. Ф. Кузнецова и др.) [26].

Эксперты прогнозируют, что именно математика в ближайшем будущем должна дать новый толчок развитию как квантовой физики, так и основанном на ней технологиям квантовых вычислений, квантового компьютера, квантового машинного обучения и т. д., то есть тех технологий, которые могут дать наибольший вклад в ускорение темпов научно-технического прогресса и формирование новых принципов инженерного мышления. Большое будущее при этом открывается в биоинженерии – вплоть до создания новой области – биоматематики (G. Ledder, J. Stewart, T. Day, Ю. С. Кострова и др.), основанной на смеси биологии, генетики, комбинаторики, анализа, геометрии и информатики, а также построения модели человеческого мозга и его когнитивных функций [29–33].

Этот кейс демонстрирует, что «простые решения» в образовании (добавить больше математики или больше гуманитарных дисциплин) не отражают особенности трансформации современной НКМ. Кейс-анализ ориентирует на пристальное изучение и поиск методологии развития новых конвергентных моделей мышления.

**Кейс второй.** *Интеграция фундаментальных и прикладных наук.* Обсуждение этой темы активно идет уже несколько десятилетий и носит маятниковый характер. То растет число авторов, обосновывающих необходимость практико-ориентированного характера образования (В. С. Белгородский, О. М. Лаврова, С. Н. Гусейнова, Т. А. Исаева, К. И. Кобраков, Э. М. Мовсумзаде, Ф. И. Гусейнов, Н. Н. Дзуличанская, В. Б. Пясецкий [34; 35]), то, наоборот, речь идет о значении его фундаментализации (С. А. Косолапова, Т. Г. Калиновская, А. И. Косолапов [36]). О недостаточном уровне фундаментальной подготовки сегодня мы все чаще слышим в связи с ростом критики изменений в образовании, произошедших из-за Болонского процесса. Рядом авторов (О. Боев, О. Имас, С. В. Анахов) отмечается, например, что стала проявляться негативная тенденция сокращения фундаментальной подготовки по естественно-научным и математическим дисциплинам [37–39].

Обсуждается также и то, каковы содержание фундаментального знания и спектр фундаментальных наук, на которые нужно ориентироваться в формировании образовательных программ инженерной подготовки. Традиционно сложившийся подход, ориентирующий на классическое естествознание, В. И. Лившиц считает устаревшей концепцией фундаментализации. Как он

<sup>1</sup> Будущее науки в XXI веке. Следующие пятьдесят лет / под ред. Дж. Брокмана. Москва: АСТ, 2008. 255 с.

пишет, физикализм оказался несостоятельным при попытке атаки сложных систем, для которых определяющими оказались не вещественно-энергетические, а структурно-поведенческие свойства. Кибернетика же на базе системологии оказалась здесь весьма результативной. Таким образом, констатирует В. И. Лившиц, «сегодня очевидно, что технознание нельзя сводить к естествознанию: технознание гораздо шире и использует гораздо более разнообразный инструментарий». Новый фундаментализм В. И. Лившиц связывает с концепцией профессионализации инженерного образования Professionalization of Engineering Education (PEE), которое «в качестве научного базиса техносферы рассматривает все технознание, а не только естествознание. Поэтому PEE несет в себе подлинную, а не снобистскую фундаментализацию»<sup>1</sup>.

Вместе с тем в современной науке и научной картине мира радикально меняются представления как о характеристиках фундаментальных и прикладных наук, так и о характере их взаимодействия. Когда мы обращаемся к прорывным исследованиям, часто сложно сказать, фундаментальные это науки или прикладные. Фронтиры, границы между ними становятся очень подвижными, а «линии перегиба» могут проходить в разных местах в зависимости от условий самой ситуации исследования. Кроме того, конвергенция технологий задает еще более нетрадиционные конфигурации паттернов фундаментального знания, включая сложные переплетения классических фундаментальных естественных наук с техническими и социальными науками.

**Кейс третий.** *Подготовка будущего инженера – это подготовка узкого профессионала или это широкая транспрофессиональная подготовка?*

О. И. Ребрин и И. И. Шолина концентрируют внимание на появлении новых профессий и на необходимости подготовки инженеров, готовых к работе в достаточно специализированных новых высокотехнологичных областях производства. Авторами выделяются, например, такие типы инженерных профессий, как инженер-исследователь, системный интегратор, инноватор, контекстный инженер и другие [40]. А. И. Левенчук, анализируя профессиональную сферу в целом, говорит о кризисе и даже закате профессий, о размывании границ профессий и о необходимости готовить не к отдельной профессии, а обучать набору востребуемых компетенций<sup>2</sup>.

А. И. Боровков с коллегами отмечают необходимость «перехода от узкоспециализированных отраслевых квалификаций как формально подтвержденного дипломом набора знаний к набору ключевых компетенций („активных знаний“, „знаний в действии“ – Knowledge in Action) – способности и готовности вести определенную деятельность (научную, инженерную, конструкторскую, расчетную, технологическую и т. д.), отвечающую высоким требованиям мирового рынка» [41].

<sup>1</sup> Инженерное образование: компетентность – вектор модернизации [Электрон. ресурс]. Режим доступа: [https://akvobr.ru/inzhenernoe\\_obrazovanie\\_kompetentnost\\_vektor\\_modernizacii.html](https://akvobr.ru/inzhenernoe_obrazovanie_kompetentnost_vektor_modernizacii.html) (дата обращения: 31.03.2023).

<sup>2</sup> Закат профессий: интервью с А. И. Левенчуком [Электрон. ресурс]. Режим доступа: [https://nisse.ru/eng/about/experts/?ELEMENT\\_ID=130606&mode=interview&ARTICLE\\_ID=131725](https://nisse.ru/eng/about/experts/?ELEMENT_ID=130606&mode=interview&ARTICLE_ID=131725) (дата обращения: 31.03.2023).

Еще одна позиция заключается в том, что, как считают ее сторонники, на смену профессиям приходят трансфессии. Профессия – социально-экономически зафиксированная норма, образец деятельности. Трансфессия – сверхнормативная активность реализации широкого радиуса профессиональных функций, интегрированных в социально значимом результате. Профессия ориентирована на опыт – «прошлое настоящее». Трансфессия – на прогнозируемое будущее, на развитие, «преобразование настоящего». Э. Ф. Зеер с соавторами подчеркивают, что сущность и содержание понятия «транспрофессионализм» выражается в овладении следующими многомерными компетенциями, имеющими интегративную природу: многофункциональность, многозадачность, виртуальная мобильность, синергичность [42; 43]. Более того, транспрофессионализм в понимании Э. Ф. Зеера, Э. Э. Сыманюк, Д. П. Заводчикова и др. – это выход за рамки одной профессии, обогащение ее знаниями, технологиями, относящимися к другим видам профессиональной деятельности, развитие новых компетенций, позволяющих находить комплексные и уникальные решения на основе трансдисциплинарного синтеза знаний и междисциплинарных коммуникаций [42]. Вместе с тем совершенно очевидно, что как формирование транспрофессиональных компетенций, так и собственно трансдисциплинарный синтез невозможен без построения и методологической реконструкции онтологии инженерной деятельности, то есть без обращения к НКМ.

Сегодня очень пристально изучаются процессы, идущие в технологической сфере: конвергенция технологий, размывание границ профессий, сквозные технологии и новые виды профессий и компетенций и т. д., однако исследования, как правило, не выходят на анализ изменений, идущих в НКМ. Вместе с тем сколько-нибудь внимательное отношение к истории науки, технического и инженерного творчества дает неисчерпаемое количество примеров значения НКМ в научном творчестве и в практической инженерной деятельности, в социальных преобразованиях. Так, развитие железных дорог, само их появление было бы невозможным без изменения геоментальной картины мира (П. Друкер), а история развития космической инженерии оказалась тесно связана с развитием на протяжении не одного тысячелетия философской, затем научной картины космоса (включая труды русских космистов К. Э. Циолковского, В. И. Вернадского и А. Л. Чижевского и др. [44]). Отметим, что именно в творчестве русских космистов формировалась новая научная картина мира, которая значительно опередила свое время, обозначая эталоны неклассической науки. Более того, как отмечает Н. В. Бряник, созданная ими НКМ во многом уже содержала и идеи следующего постнеклассического видения мира [44] и тем самым является и сегодня для нас мощным интеллектуальным потенциалом развития. Не случайно специалисты в области системной инженерии апеллируют к идеям В. И. Вернадского и считают, что, по сути, «системно-инженерное мышление выступает как одна из форм выражения мировосприятия В. И. Вернадского» [45, с. 1268]. Однако если ранее НКМ отводилась в большей степени функция социокультурного фильтра, отсеивающего невоспринимае-

мые в поле культуры, предзаданном картиной мира, эпистемологические феномены, то сегодня картина мира понимается скорее не как фильтр, но как паттерн или фрактал, открывающий новые серии смыслов и возможностей, новые тренды развития. Картина мира сегодня обращена не в прошлое, но в будущее, она не ретроспективна, а проспективна, а точнее мультипроспективна. В целом в современной культуре с ростом креативных практик, как считает Л. М. Андрюхина, возрастает и роль порождающих, генеративных функций картины мира [46]. В этом кейсе главный вывод – необходимо прилагать больше усилий к разработке методологии развития научного знания и научного мышления, к реконструкции НКМ как онтологического и мультипроспективного основания развития инженерного мышления.

Научная картина мира, как и в целом инженерная деятельность и инженерное мышление, не является чем-то самодостаточным и замкнутым. Они постоянно погружены в различные контексты и открыты им (рис. 2).

В настоящее время стремительно меняются контексты инженерной деятельности, что выдвигает в качестве приоритета необходимость развития коммуникативной культуры и коммуникативных компетенций будущих инженеров, их умение работать в команде, в различных социотехнических системах. Необходимо акцентировать внимание на ценностно-целевых структурах мышления, которые влияют на формирование всех остальных структур инженерной деятельности.

Рост значения этих структур можно представить в трех ключевых аспектах:

1. Конвергенция технологий ведет к экспоненциальному росту рисков для человека и человечества, что постоянно воспроизводит ситуацию ценностного выбора и «взвинчивает» до небывалой высоты степень ответственности исследователя и инженера за осуществленный выбор. Так, В. Г. Буданов отмечает, что риски конвергентных технологий в большинстве своем относятся к категории высокой и катастрофической степени влияния, поскольку затрагивают сферы жизни и здоровья человека и общества. Потенциальные риски конвергентных технологий – это риски, которые не могут быть спланированы и даже представлены, поскольку научные знания об их возникновении отсутствуют. Все технологии синергично взаимодействуют, дополняют и усиливают друг друга, создавая небывалые, чрезвычайно мощные средства преобразования человека и земной цивилизации [47].

Сегодня интенсивно развивающиеся высокие технологии создают ситуацию, в которой возможным оказывается изменение биологической телесности человека, с которой неразрывно связаны культура, система ценностей человеческого бытия, и сам характер мышления.

Если раньше считалось, что человек благодаря своей рефлексивности преобразует окружающий мир, сам при этом оставаясь неизменным, то теперь технологическая деятельность создает реальную основу для изменения и биологической составляющей человеческой природы. Некоторые представители



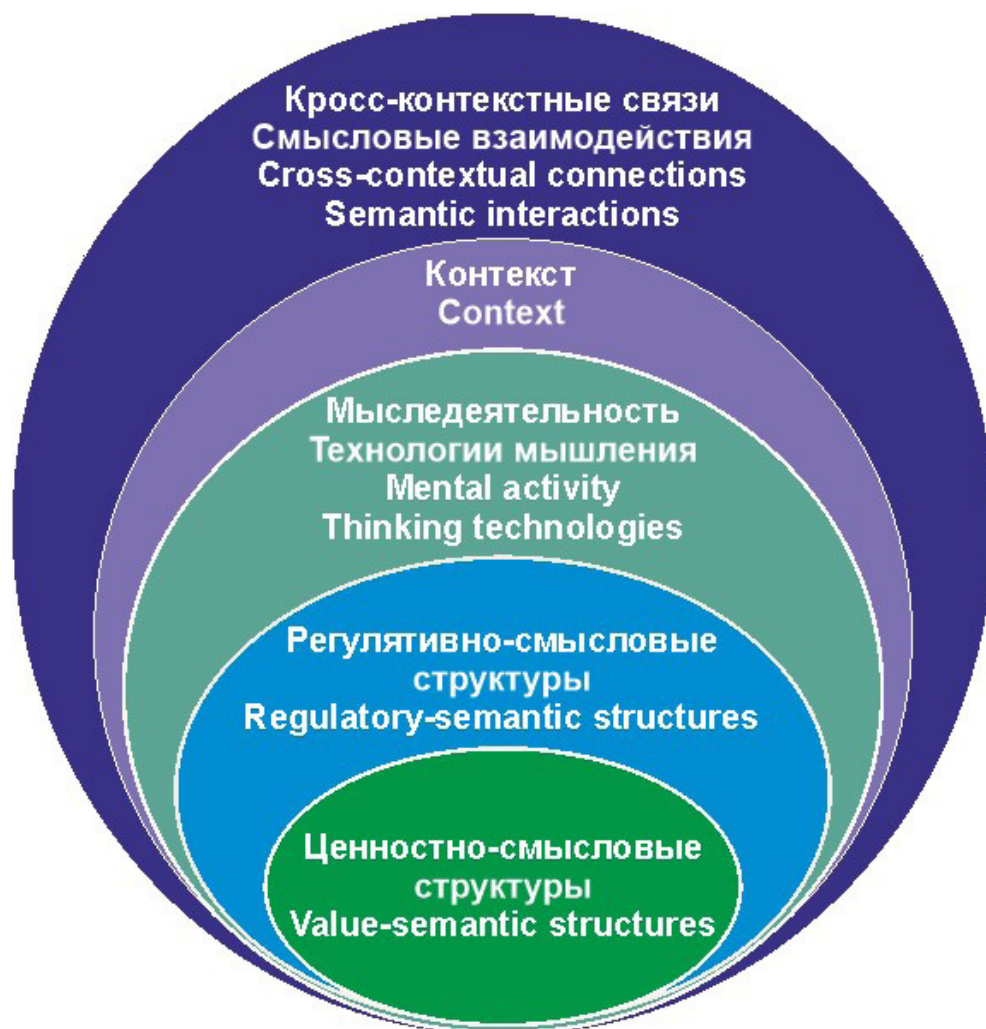


Рис. 2. Структурно-контекстуальная модель инженерного мышления

Fig. 2. Structural-contextual model of engineering thinking

трансгуманизма делают ставку на достижения современной науки и конвергентные технологии для перехода к стадии «постчеловеческого» существования, поэтому NBICS-технологии называют еще и евгеникой XXI века<sup>1</sup>.

2. Ценностно-смысловые структуры влияют не только на формирование НКМ – они вплетаются собственно в структуру технологий инженерного мыш-

<sup>1</sup> Социо-антропологические измерения конвергентных технологий. Модели, прогнозы, риски: коллективная монография / В. И. Аршинов, И. А. Асеева, В. Г. Буданов, Е. Г. Гребенщикова, О. А. Гримов, Е. Г. Каменский, К. Майнцер, А. В. Маякова, И. Е. Москалев, С. В. Пирожкова, М. А. Сушин, В. В. Чеклецов, И. В. Черникова. Курск: ЗАО «Университетская книга», 2017. 243 с.



ления и инженерной деятельности. Например, что такое проект как составляющая инженерной деятельности? Проект образно – это вброс в будущее. Никакой проект поэтому невозможно даже инициировать без стратегического видения, которое, как известно, опирается на выбор ценностных приоритетов. Новые прорывные идеи не могут появиться без открытия новых смыслов, нового видения и даже смены ценностных установок.

Н. И. Касперская в своих интервью подчеркивает, что если мы будем только в технологической сфере находиться, мы однозначно проиграем: технологии уходят и приходят, но нужны великие идеи, смыслы, чтобы выйти на действительно прорывы<sup>1</sup>.

3. И наконец, сегодня особенно в нашей стране возрастает значение гражданской ответственности исследователя и инженера. На заседании Союза ректоров России В. В. Путин сказал: «Если мы не сможем воспитать человека с широкими, глубокими, всеобъемлющими, объективными знаниями в гуманитарной сфере, если мы не воспитаем человека самодостаточного, но осознающего себя частью большой великой многонациональной и многоконфессиональной общности. Если мы этого не сделаем, у нас с вами не будет страны»<sup>2</sup>.

Х. С. Вильданов подчеркивает, что сущность гуманитарной составляющей любой образовательной программы, в том числе и технической, заключается в аксиологизации образовательного процесса. Степень социализации и формирования системы инструментальных и терминальных ценностей и ценностных ориентаций студентов напрямую коррелирует с гуманитарной составляющей и ее качеством функциональности в системе образовательного процесса [48].

Предлагаемый подход к структуре инженерного мышления позволяет, на наш взгляд, собрать существующую на сегодняшний день мозаику локальных представлений и практик развития инженерного мышления в единую образовательную экосистему. Некоторые из экосистемных решений, учитывающих многоуровневую структуру инженерного мышления, представлены в практике высшего образования в РФ. Опишем некоторые из них на примере РГППУ<sup>3</sup>, который изначально был создан для подготовки инженеров-педагогов, что со временем получило развитие в виде отдельного направления педагогического образования – профессионально-педагогического образования, в которое инженерно-педагогическая и чисто инженерная подготовка вошли в качестве основных составляющих [49].

В настоящее время можно выделить несколько отличительных особенностей инженерного образования в РГППУ.

<sup>1</sup> Спин-офф фильма «Профессии будущего» № 3 – интервью Натальи Касперской – Наши дети: успеем ли мы? [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=VBZMAACwPn0> (дата обращения: 31.03.2023).

<sup>2</sup> Выступление и заключительное слово Владимира Путина на X съезде ректоров России 30.10.2014 [Электрон. ресурс]. Режим доступа: [https://www.youtube.com/watch?v=IAUxvFI9XE&ab\\_channel=MsOnlysee](https://www.youtube.com/watch?v=IAUxvFI9XE&ab_channel=MsOnlysee) (дата обращения: 31.03.2023).

<sup>3</sup> ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет» (РГППУ) осуществляет подготовку инженерных кадров с начала своего основания (1979 г.)

*Проектный подход*, который реализуется в рамках как осуществляемых научных направлений инженерной деятельности, так и реализации ряда программ инженерного образования. Например, научные исследования (С. В. Анахов, Ю. А. Пыкин, А. В. Матушкин) в сфере плазменных технологий [50; 51] включают в себя как фундаментальную инженерно-физическую составляющую (газодинамика и теплофизика плазменных процессов), так и прикладные аспекты, связанные с конструированием новых плазмотронов и систем их газодинамической стабилизации, исследованиями в сфере эффективности их применения в технологиях плазменной резки, сварки, технологиях обезвреживания отходов и т. д. Подобная широта исследований в рамках реализации данного проекта обеспечивается межкафедральным (кафедр математических и естественно-научных дисциплин и инжиниринга и профессионального обучения в машиностроении и металлургии) и межвузовским (УрФУ, УГЛТУ) взаимодействием, привлечением научно-исследовательских ресурсов УрО РАН и средствами бюджетной поддержки (через гранты РФФИ, РНФ, ФСИ и т. д.), подкреплена бизнес-процессами (созданием на базе РГППУ МИП ООО «Техноплазма»), участием в проектной деятельности через акселераторы стартапов (Фонд «Сколково», мероприятия АСИ, НТИ, госкорпораций) и т. д. Достигнутые результаты инженерной деятельности по данному направлению входят в уже реализуемые («Высокие технологии в сварке и плазменной обработке материалов») и вновь создаваемые («Высокоэнергетические процессы и технологии в машиностроении и материалобработке») образовательные программы, позволяющие готовить высококомпетентных инженеров-педагогов в сфере плазменных технологий и привлекать их к реализации научных программ. Реализация упомянутых ОПОП основывается на синергии изучаемых технологий (плазменные, лазерные, электрофизические технологии резки, сварки, материалобработки и т. д.), связанной с использованием общих принципов и методов, характерных для данных технологий для формирования инженерного мышления у обучающихся.

*Цифровизация инженерной деятельности* становится основой введения в образовательных программах инженерной направленности дисциплин, необходимых для понимания и реализации технологий Индустрии 4.0 (современные программные средства САПР, технологии аддитивного и цифрового производства и прототипирования, искусственного интеллекта и нейронных сетей и т. д.), а также платформой формирования системы наукоемких стартапов в сфере информационных технологий (например, поддержанный ФСИ студенческий проект по созданию цифровых помощников для лиц с ограниченными возможностями) и подготовкой студентов и работников РГППУ к конкурсам профессионального мастерства в сфере высокотехнологичной деятельности (WorldSkills, «Хайтек» и др.).

*Транспрофессиональный подход.* В РГППУ под руководством Э. Ф. Зеера, Б. Н. Гузанова, А. В. Феоктистова идет активная работа как по разработке моделей транспрофессиональной подготовки инженерных кадров [52; 53], так и

по их внедрению в практику образования. Технология организации учебного процесса по модели транспрофессиональной подготовки основана на принципах конвергентного подхода в образовании, методология которого предполагает преодоление междисциплинарных границ с целью освоения не только родственных, но и весьма далеких друг от друга профессий, готовностью расширять рамки сформировавшегося профессионального опыта. Данный феномен не отрицает значимости начальной базовой подготовки по выбранной профессии, но предполагает возможность выхода за ее пределы, владение знаниями и компетенциями, характеризующими другие виды профессиональной деятельности.

Такое понимание транспрофессионализма не только требует особого подхода к организации подготовки в выбранной области деятельности с учетом возможной мобильности внутри нее и смежных профессиях, но и актуализирует проблематику опережающего, т. е. непрерывного мульти- и транспрофессионального образования и соответствующего педагогического его обеспечения, в том числе научно-педагогического. Содержательный аспект транспрофессионализма в инженерной подготовке, как отмечают Б. Н. Гузанов и М. А. Федулова, характеризуется определенной многомерностью, предполагающей трансдисциплинарный синтез знаний из разных областей естественных и технических наук, что позволяет специалисту организовать и при необходимости развивать коммуникации с представителями различных профессий рядоположенной направленности [54, с. 68]. Все это качественно меняет квалификационную характеристику субъектов профессиональной деятельности и требует существенных изменений в образовательной практике подготовки будущих педагогов профессиональной школы. Для них инженерная составляющая профессионально-педагогической подготовки должна базироваться на методологических принципах конвергенции современных технологий производства, контроля, эксплуатации и ремонта, технологий подготовки и организации производства, что актуализирует возможность становления транспрофессионала, чьи компетенции могут сочетать нескольких видов профессиональных квалификаций, обеспечивающих определенную мобильность на протяжении всей его профессиональной жизни [54, с. 68]

*Социальная направленность* профессионально-педагогической и инженерной научно-образовательной деятельности. Данный аспект подразумевает как обязательное включение в образовательные программы инженерной направленности соответствующих модулей (например, модуля «Социально-гуманитарная культура») [4] и дисциплин (экология, инженерная экология и т. д.), так и расширение сфер научной деятельности. Социальные аспекты научно-исследовательской деятельности, реализуемой, например, в рамках поддержанной РФФИ НИОКР «Разработка фундаментальных научных основ применения процессов плазменной инсинерации в технологиях рециклинга отходов» позволяют привлекать к изучению и представлению полученных научных результатов широкий круг заинтересованных лиц (от студентов до

представителей экологически ответственных предприятий и министерств), а также популяризовать их на проводимых в РГППУ научных мероприятиях (например, международной конференции «Экологическая безопасность в техносферном пространстве») [55]. Следует заметить, что социально-экологические и здоровьесберегающие аспекты исследований включены как в перечень основных направлений научно-исследовательской деятельности РГППУ, так и в научную тематику Научного центра РАО РГППУ.

### **Обсуждение результатов**

Если в отечественной традиции исследование инженерного мышления и мышления как такового всегда было в центре внимания, то в современном зарубежном дискурсе, например, в таком направлении, как STS (исследование науки и технологий), сама наука предстает как технонаука, в которой инженерное мышление – это в лучшем случае эпифеномен своего рода социальной машинерии. Так, в книге «Наука в действии» Б. Латура рисует картину того, как наука, ученые и инженеры выстраивают фактически собственное пространство и время, собственные каналы и сети движения фактов, машин, изобретений, дискурсов. Общество пронизывается контролируемыми технонаукой потоками [56]. Именно эта социальная топология технонауки, собственно сетевые структуры, сложная машинерия социального и рассматривается как механизм порождения и воспроизводства науки, научного знания и технических изобретений. В трудах Латура перед нами разворачивается социальная топология воспроизводства технонауки, и хотелось бы сказать, что и инженерного мышления. Но парадокс заключается в том, что в сложных топологических хитросплетениях сетей, в пространстве, рисуемом Латуром, собственно мышления, его анализа мы не находим. И речь не только о том, что даже собственно научная деятельность почему-то свелась в его работах к конструированию фактов и куда-то пропали теории, картины мира и другие формы представления интеллектуальной деятельности в науке. Это, видимо, и стало поводом для обозначения взглядов Латура как нового позитивизма. Но испарилось и само мышление, оно как-то стало не нужно Латуре. Он постоянно подчеркивает, что даже в лабораториях, месте, в котором, казалось бы, и должна совершаться интеллектуальная работа, ничего такого мистического, «ничего экстраординарного и ничего, имеющего отношения к познавательным качествам» [57] не происходит. Просто есть масса разных записывающих устройств, которые фиксируют и делают явными следы природы.

На другой источник «вынесения за скобки» инженерного мышления указывает М. А. Lacroix. Он его видит в изменении практик проектирования и, в частности, в широком распространении agile-методологии. Применение гибких методологий, несмотря на всю их прогрессивность в целом ряде областей и при решении современных инженерных задач, тем не менее привело, как считает автор, к резкому сокращению объема работ по разработке, инженерному исследованию, а также часто – к полному исключению этапа формирования

технической концепции. Более того, в среде специалистов стало распространяться убеждение, что хорошим инженером можно стать и без глубоких теоретических знаний и умения работать с моделями. Однако распространение практики по типу «сначала кодируем, потом думаем» стало, в свою очередь, источником многих проблем. Возникает необходимость возвращения инженерного мышления в мир разработки [58].

На наш взгляд, как исследования в области STS, так и анализ проблем инженерной практики только еще и еще раз подчеркивают тот факт, что идут глубинные трансформации научного знания и научной деятельности. Идет реальное сближение, конвергенция науки и технологий, но это не односторонний процесс, который должен описываться только как технологизация науки: также важно понимать, что идет и обратный процесс интеллектуализации собственно инженерной деятельности. Особенно это становится очевидным в сфере высоких технологий. Как пишут S. Waks, E. Trotskovsky, N. Sabag и O. Hazzan, «различие между инженерной и исследовательской деятельностью стирается в высокотехнологичных областях промышленности, где наука и технологии конвергируют, усиливают друг друга и выступают по отношению друг к другу катализаторами развития» [59].

Инженерное мышление тем самым не только не может быть «вынесено за скобки», но должно раскрываться во всей его целостности, в системе современных представлений о сущности научного познания и научной мыслительной деятельности. Инженерное мышление – это не просто применение готовых научных знаний, а полный цикл научного мышления и исследования, включающий как уровень работы с фактами, техники и технологии мышления, так и уровень научной картины мира, а также ценностно-целевые структуры мышления, что мы и попытались показать в предлагаемой статье.

### **Заключение**

Образование как социально-гуманитарная практика в большей степени, чем другие области человеческой деятельности, чувствительно к трансформации когнитивных, нормативно-регулятивных и ценностно-целевых аспектов порождения и воспроизводства знаний и деятельности в условиях конвергенции науки и технологий. Именно поэтому в системе образования, особенно в областях, которые в первую очередь начинают испытывать влияние конвергентных процессов, появляются методологические разрывы, области локальных решений, часто вступающих в противоречие друг с другом. Причиной этого является как раз различное видение субъектами образования, производства и социальной сферы когнитивной (интеллектуальной) составляющей образования, а также недостаточный уровень рефлексии особенностей современной научной деятельности на уровне ее нормативно-регулятивных и ценностно-целевых аспектов.

Особенно ярко это проявляется в системе подготовки инженерных кадров. Преодоление противоречий в практике инженерного образования между

установками на фундаментализацию и практикоориентированность, технологизацию и гуманитаризацию, на специализацию и на преодоление профессиональных границ и др. возможно на пути углубления методологических представлений о структуре инженерной деятельности и выработки системного видения ее интеллектуальной составляющей – инженерного мышления.

И первый вывод, который вытекает из предложенного в статье анализа инженерного мышления и его структуры, заключается в том, что инженерное мышление должно пониматься целостно, как включающее в себя научную картину мира и ценностно-целевые установки мышления, без которых невозможно выработка и просто появление «новой точки зрения». И поскольку научная картина мира претерпевает серьезные трансформации, то необходимо изучать, какое это получает выражение в особенностях современного инженерного мышления.

С позиций философско-методологического и общеметодологического подходов в статье представлена структурно-системная и структурно-контекстуальная модели инженерного мышления.

Характер технологических преобразований, конвергентная природа современных технологий, открывающиеся возможности трансформации не только окружающего мира, но и самого человека, постоянно идущее ускорение процессов трансформации – все это неизмеримо повышает уровень ответственности при принятии решений, а следовательно, возрастает значение нормативно-регулятивных и ценностно-целевых структур инженерного мышления. И определение векторов развития с неизбежностью должно во все возрастающей степени опираться на глубокий рефлексивный методологический анализ и на обоснованный выбор ценностных приоритетов.

### Список использованных источников

1. Мадхаван Г. Думай как инженер. Как превращать проблемы в возможности. Москва: Манн, Иванов и Фербер, 2016. 256 с.
2. Лившиц В. И. Инновации в инженерном образовании и роль менталитета профессуры // Образование и наука. 2012. № 2 (91). С. 130–140. DOI: 10.17853/1994-5639-2012-2-130-140
3. Гузанов Б. Н., Горюшина Н. Ю. Социальная профессионализация при подготовке педагога профессионального обучения [Электрон. ресурс] // Педагогический журнал Башкортостана. 2010. № 5 (30). С. 119–124. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sotsialnaya-professionalizatsiya-pri-podgotovke-pedagoga-professionalnogo-obucheniya-1/viewer> (дата обращения: 01.04.2023).
4. Габышева Л. К. Трансформация модели образования в контексте гуманитаризации инженерной подготовки [Электрон. ресурс] // Гуманитаризация инженерного образования: методологические основы и практика: материалы международной научно-методической конференции (Тюмень, 19 апреля 2018 г.). Тюмень: Тюменский индустриальный ун-т, 2018. С. 13–25. Режим доступа: [https://rusneb.ru/catalog/000200\\_000018\\_RU\\_NLR\\_BIBL\\_A\\_012190158/?ysclid=lg3qy7ayks467957370](https://rusneb.ru/catalog/000200_000018_RU_NLR_BIBL_A_012190158/?ysclid=lg3qy7ayks467957370) (дата обращения: 31.03.2023).
5. Мустафина Д. А., Рахманкулова Г. А., Короткова Н. Н. Модель конкурентоспособности будущего инженера-программиста [Электрон. ресурс] // Современные наукоемкие технологии. 2010. № 8. С. 16–20. Режим доступа: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=25265&ysclid=lg3hbu1gwb865812833> (дата обращения: 01.04.2023).



6. Похолков Ю. П., Агранович Б. Л. Подходы к формированию национальной доктрины инженерного образования России в условиях новой индустриализации: проблемы, цели, вызовы [Электрон. ресурс] // Инженерное образование. 2012. № 9. С. 5–11. Режим доступа: [https://www.aeer.ru/files/io/m9/art\\_1.pdf](https://www.aeer.ru/files/io/m9/art_1.pdf) (дата обращения: 01.04.2023).

7. Leydens J. A., Lucena J. C. Engineering Justice: Transforming Engineering Education and Practice. Hoboken: IEEE Press. 2018. 304 p.

8. Crawley E. F., Malmqvist J., Östlund S., Brodeur D. R., Edström K. Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach. 2nd Edition. New York: Springer is a part of Springer Science+Business Media, 2014. 311 p. DOI: 10.1007/978-3-319-05561-9

9. Kamp A. Engineering Education in the Rapidly Changing World: Rethinking the Vision for Higher Engineering Education at TU Del. Delft: TU Delft, 2014. 40 p. Available from: [http://www.cdio.org/files/document/file/Vision%20document%20TU%20Delft%20def2\\_1.pdf](http://www.cdio.org/files/document/file/Vision%20document%20TU%20Delft%20def2_1.pdf) (date of access: 01.04.2023).

10. Celik S., Kirjavainen S., Bjorklund T. A. Educating Future Engineers: Student Perceptions of the Societal Linkages of Innovation Opportunities // ASEE Annual Conference 2020. DOI: 10.18260/1-2--34490

11. Баранова А. А., Гузанов Б. Н., Бажукова И. Н. Профессионально-коммуникативная компетентность в системе специальной подготовки магистров в техническом вузе // Вестник Томского государственного педагогического университета. 2021. № 2 (214). С. 60–70. DOI: 10.23951/1609-624X-2021-2-60-70

12. Гузанов Б. Н., Баранова А. А., Звонарева И. А. Трансдисциплинарный подход при формировании навыков самореализации в процессе подготовки магистров // Мир науки, культуры, образования. 2020. № 5 (84). С. 188–190. DOI: 10.24411/1991-5497-2020-00926

13. Гузанов Б. Н., Баранова А. А., Ловцевич Т. Л. Проектное обучение при транспрофессиональной подготовке в техническом вузе // Профессиональное образование и рынок труда. 2019. № 3. С. 44–52. DOI: 10.24411/2307-4264-2019-10305

14. Рахманкулова Г. А., Кузьмин С. Ю., Мустафина Д. А., Ребро И. В. Формирование инженерного мышления студентов через исследовательскую деятельность [Электрон. ресурс]. Москва: Издательские решения, 2015. 113 с. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29291500> (дата обращения: 01.04.2023).

15. Gilmartin S. K., Shartrand A., Chen H. L., Estrada C., Sheppard S. Investigating entrepreneurship program models in undergraduate engineering education // International Journal of Engineering Education. 2016. № 32 (5). P. 2048–2065.

16. Brown T. Change by Design: How Design Thinking Transforms Organizations and Inspires Innovation // Harper Business. 2009. Available from: [http://hozekf.oerp.ir/sites/hozekf.oerp.ir/files/kar\\_fanavari/manabe%20book/Thinking/Change%20by%20Design\\_%20How%20Design%20Thinking%20Transforms%20Organizations%20and%20Inspires%20Innovation%20.pdf](http://hozekf.oerp.ir/sites/hozekf.oerp.ir/files/kar_fanavari/manabe%20book/Thinking/Change%20by%20Design_%20How%20Design%20Thinking%20Transforms%20Organizations%20and%20Inspires%20Innovation%20.pdf) (дата обращения: 01.04.2023).

17. Dorst K. The core of ‘design thinking’ and its application // Design Studies. 2011. Vol. 32, № 6. P. 521–532. DOI: 10.1016/j.destud.2011.07.006

18. Щедровицкий П. Г. Инженерное мышление и инженерная подготовка: материалы для разработчиков программ опережающей подготовки современных инженеров [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://shchedrovitskiy.com/inzhenernoe-mishlenie/?ysclid=lg3jqv84xs466444549> (дата обращения: 31.03.2023).

19. Батоврин В. К. Системная и программная инженерия: словарь-справочник [Электрон. ресурс]. Москва: ДМК Пресс, 2010. 279 с. Режим доступа: <https://www.litres.ru/book/viktor-batovrin/sistemnaya-i-programmnaya-inzheneriya-slovar-spravochnik-22072509/?ysclid=lg3jwx4ufk169476937> (дата обращения: 01.04.2023).

20. Левенчук А. К. Системная инженерия [Электрон. ресурс]. Москва: Ридеро, 2022. 378 с. Режим доступа: [https://ridero.ru/books/sistemnaya\\_inzheneriya\\_2022/?ysclid=lg3kampvh8323453044](https://ridero.ru/books/sistemnaya_inzheneriya_2022/?ysclid=lg3kampvh8323453044) (дата обращения: 31.03.2023).

21. Чубик П. С., Марков Н. Г., Мирошниченко Е. А., Петровская Т. С. Системная инженерия и ее внедрение в образовательные программы томского политехнического университета [Электрон. ресурс] // Известия Томского политехнического университета. 2013. Т. 323, № 5. С. 176–181. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20958308> (дата обращения: 01.04.2023).
22. Пахомов Ю. STEM- и STEAM-образование: от дошкольника до выпускника ВУЗа [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://pedsovet.org/article/stem-i-steam-obrazovanie-ot-doshkolnika-do-vypusknika-vuza> (дата обращения: 01.04.2023).
23. Perry Jr. W. G. Forms of Intellectual and Ethical Development in the College Years: A Scheme. New York: Holt, Rinehart, and Winston, 1970. 336 p. Available from: <https://archive.org/details/formsintellect00perr> (дата обращения: 01.04.2023).
24. Бельских М. 5 оснований использовать кейс-стади в исследованиях [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://www.becoming-researcher.com/5-reasons-to-use-the-case-study-in-research> (дата обращения: 31.03.2023).
25. Варганова Г. В. Кейс-стадис как метод научного исследования [Электрон. ресурс] // Библиосфера. 2006. № 2. С. 36–42. Режим доступа: <https://www.bibliosphere.ru/jour/article/view/1511> (дата обращения: 31.03.2023).
26. Степин В. С., Кузнецова Л. Ф. Научная картина мира в культуре техногенной цивилизации [Электрон. ресурс]. Москва: Ин-т философии РАН, 1994. 274 с. Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/document?id=12601&ysclid=lg3ml0mchd621417612> (дата обращения: 31.03.2023).
27. Билянский К. В. Научная картина мира: сущность, функции и исторические формы [Электрон. ресурс] // Молодой ученый. 2018. № 50 (236). С. 494–495. Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/236/54805> (дата обращения: 29.11.2022).
28. Андриянина Л. М. Картина мира: новые модальности в эпоху экономики знаний [Электрон. ресурс] // Четвертые Лойфмановские чтения. Философское мировоззрение и картина мира: материалы Всероссийской научной конференции (Екатеринбург, 17–18 декабря 2009 г.). Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2009. Т. 1. С. 228–235. Режим доступа: [https://elar.urfu.ru/bitsstream/10995/115564/1/978-5-7525-4008-0\\_063.pdf?ysclid=lg3msw3hh7377074240](https://elar.urfu.ru/bitsstream/10995/115564/1/978-5-7525-4008-0_063.pdf?ysclid=lg3msw3hh7377074240) (дата обращения: 29.11.2022).
29. Вернадский В. И. Научная мысль как планетное явление [Электрон. ресурс]. Москва: Наука, 1991. 271 с. Режим доступа: <http://vernadsky.lib.ru/e-texts/archive/thought.html> (дата обращения: 31.03.2023).
30. Роберт И. В. Дидактика эпохи цифровых информационных технологий [Электрон. ресурс] // Профессиональное образование. Столица. 2019. № 3. С. 16–26. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37052429&ysclid=lg3n2x8ngw448370764> (дата обращения: 31.03.2023).
31. Роберт И. В. Конвергенция наук об образовании и информационных технологий как эволюционное сближение наук и технологий [Электрон. ресурс] // Информационная среда образования и науки. 2014. № 20. С. 25–67. Режим доступа: [http://www.iiorao.ru/iio/pages/izdat/ison/publication/ison\\_2014/num\\_20\\_2014](http://www.iiorao.ru/iio/pages/izdat/ison/publication/ison_2014/num_20_2014) (дата обращения: 31.03.2023).
32. Роберт И. В. Развитие дидактики в условиях информатизации образования как трансфер-интегративной области научного знания (концепция) [Электрон. ресурс]. Москва: Ин-т информатизации образования РАО, 2014. 38 с. Режим доступа: [http://robert-school.ru/iio/pages/educational/n\\_m\\_liter/year\\_2014/robert\\_2014](http://robert-school.ru/iio/pages/educational/n_m_liter/year_2014/robert_2014) (дата обращения: 31.03.2023).
33. Кострова Ю. С. История биоматематики и особенности ее преподавания в современной высшей школе // Профессиональное образование в России и за рубежом. 2016. № 4 (24). С. 212–216. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/istoriya-biomatematiki-i-osobennosti-ee-prepodavaniya-v-sovremennoy-vysshey-shkole/viewer> (дата обращения: 01.04.2023).
34. Белгородский В. С., Лаврова О. М., Гусейнова С. Н., Исаева Т. А., Кобраков К. И., Мовсумзаде Э. М., Гусейнов Ф. И. Практико-ориентированные модели инженерного образования [Электрон. ресурс] // История и педагогика естествознания. 2022. № 1. С. 65–70. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/praktiko-orientirovannye-modeli-inzhenernogo-obrazovaniya> (дата обращения: 01.04.2023).

35. Двучичанская Н. Н., Пясецкий В. Б. Инженерное образование: практико-ориентированный подход [Электрон. ресурс] // Высшее образование в России. 2017. № 7 (214). С. 147–151. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/inzhenernaya-pedagogika-praktiko-orientirovannyu-podhod> (дата обращения: 01.04.2023).

36. Косолапова С. А., Калиновская Т. Г., Косолапов А. И. К вопросу о фундаментализации инженерного образования [Электрон. ресурс] // Успехи современного естествознания. 2013. № 6. С. 134–136. Режим доступа: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=32518> (дата обращения: 01.04.2023).

37. Боев О., Имас О. Тенденции математической подготовки инженеров [Электрон. ресурс] // Высшее образование в России. 2005. № 4. С. 15–22. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9570533> (дата обращения: 01.04.2023).

38. Анахов С. В. Инженерное мышление: математический и естественнонаучный контекст [Электрон. ресурс] // Инженерное мышление: социальные перспективы: материалы международной междисциплинарной конференции (Екатеринбург, 12–13 февраля 2020 г.). Екатеринбург: Деловая книга, 2020. С. 8–15. Режим доступа: <http://hdl.handle.net/10995/94942?ysclid=lg3o0b5g37450630546> (дата обращения: 31.03.2023).

39. Анахов С. В. Инженерное образование и тренды цифрового производства [Электрон. ресурс] // Инновации в профессиональном и профессионально-педагогическом образовании: материалы 24-й Международной научно-практической конференции (Екатеринбург, 23–24 апреля 2019 г.). Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2019. С. 163–165. Режим доступа: <https://elar.rsvpu.ru/handle/123456789/28944?ysclid=lg3o9a324c878032221> (дата обращения: 31.03.2023).

40. Ребрин О. И., Шоломина И. И. Основные направления развития инженерного образования [Электрон. ресурс] // Инновации в профессиональном и профессионально-педагогическом образовании: материалы 24-й Международной научно-практической конференции (Екатеринбург, 23–24 апреля 2019 г.). Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2019. С. 121–123. Режим доступа: <https://elar.rsvpu.ru/handle/123456789/28929?ysclid=lg3ofhamqi580312838> (дата обращения: 31.03.2023).

41. Боровков А. И., Бурдаков С. Ф., Клявин О. И., Мельникова М. П., Пальмов В. А., Силина Е. Н. Современное инженерное образование. Санкт-Петербург: Изд-во Политехнического ун-та, 2012. 80 с. DOI: 10.18720/SPBPU/2/si20-1621

42. Зеер Э. Ф., Сыманюк Э. Э., Бердникова Д. В., Борисов Г. И. Методологические основы транспрофессионализма субъектов техномической деятельности [Электрон. ресурс] // Педагогическое образование в России. 2018. № 11. С. 38–47. Режим доступа: <http://journals.uspu.ru/attachments/article/2230/5.pdf> (дата обращения: 31.03.2023).

43. Зеер Э. Ф. Психолого-педагогическая платформа формирования транспрофессионализма педагога профессионального образования [Электрон. ресурс] // Профессиональное образование. Столица. 2017. № 6. С. 5–9. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29426048&ysclid=lg3otpc9d0652341661> (дата обращения: 31.03.2023).

44. Бряник Н. В. Научное мировоззрение русских космистов и неклассическая наука // Вестник Гуманитарного университета. 2022. № 4 (39). С. 127–137. DOI: 10.35853/vestnik.gu.2022.4(39).13

45. Дышкантюк А. В., Посадов И. А., Скобелев П. О., Тришанков В. В. Системно-инженерное мышление как методологический подход к институциональному построению бизнеса в формате контракта жизненного цикла высокотехнологичной продукции // Вопросы инновационной экономики. 2022. Т. 12, № 2. С. 1261–1282. DOI: 10.18334/vinec.12.2.114980

46. Андрюхина Л. М. Картина мира и формы представления знаний в контексте креативных практик образования [Электрон. ресурс] // Образование: традиции и инновации: материалы V международной научно-практической конференции (Прага, 22 апреля 2014 г.). Прага: WorldPress, 2014. С. 39–46. Режим доступа: [http://www.xxivek.moscowschool.ru/06MAR2017/Conf\\_Prague.pdf?ysclid=lg3p7itov5794754678](http://www.xxivek.moscowschool.ru/06MAR2017/Conf_Prague.pdf?ysclid=lg3p7itov5794754678) (дата обращения: 31.03.2023).

47. Буданов В. Г., Аршинов В. И., Лепский В. Е., Свирский Я. И. Сложность и проблема единства знания. Вып. 1. К стратегии познания сложности. Москва: Ин-т философии РАН, 2018. 105 с. Режим доступа: <https://iphras.ru/uplfile/root/books/2018/Budanov.pdf> (дата обращения: 31.03.2023).

48. Вильданов Х. С. Роль аксиологии в гуманитаризации высшего технического образования [Электрон. ресурс] // Гуманитаризация инженерного образования: методологические основы и практика: материалы международной научно-методической конференции (Тюмень, 19 апреля 2018 г.). Тюмень: Тюменский индустриальный ун-т, 2018. С. 63–68. Режим доступа: [https://rusneb.ru/catalog/000200\\_000018\\_RU\\_NLR\\_BIBL\\_A\\_012190158/?ysclid=lg3q2yi1a877995177](https://rusneb.ru/catalog/000200_000018_RU_NLR_BIBL_A_012190158/?ysclid=lg3q2yi1a877995177) (дата обращения: 31.03.2023).

49. Романцев Г. М., Федоров В. А., Глуханюк Н. С. Теория и практика профессионально-педагогического образования: коллективная монография [Электрон. ресурс] / под. ред. Г. М. Романцева. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2007. Т. 1. 305 с. Режим доступа: <https://elar.rsvpu.ru/handle/123456789/2221?mode=full> (дата обращения: 01.04.2023).

50. Анахов С. В., Пыкин Ю. А., Матушкин А. В. Плазменные инструменты в машиностроительных технологиях. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2022. 189 с. Режим доступа: <https://elar.rsvpu.ru/handle/123456789/42775?mode=full> (дата обращения: 01.04.2023).

51. Анахов С. В. Принципы и методы проектирования плазмотронов [Электрон. ресурс]. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2018. 165 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39989675> (дата обращения: 01.04.2023).

52. Баранова А. А., Бажукова И. Н., Ловцевич Т. Л. Инновационный подход при подготовке инженеров в техническом вузе // Глобальная конференция по технологиям в образовании Edcrunch Ural: новые образовательные технологии в вузе – 2019: сборник статей конференции (Екатеринбург, 24–26 апреля 2019 г.). Екатеринбург: ИТОО УрФУ, 2019. С. 18–24. Режим доступа: <https://elar.urfu.ru/handle/10995/74061?ysclid=lg3q9gakbu980953952> (дата обращения: 31.03.2023).

53. Зеер Ф. Э., Заводчиков Д. П., Зиннатова М. В., Буковой Т. Д., Третьякова В. С. Транспрофессионализм субъектов социально-профессиональной деятельности. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2019. 142 с. Режим доступа: <https://elar.rsvpu.ru/handle/123456789/27462?mode=full&ysclid=lg3qfxvybs505082998> (дата обращения: 31.03.2023).

54. Гузанов Б. Н., Федулова М. А. Особенности транспрофессиональной инженерной подготовки в профессионально-педагогическом вузе [Электрон. ресурс] // Профессиональное образование и рынок труда. 2019. № 1. С. 66–70. Режим доступа: [https://eposlink.com/ru/catalog/library/elibrary/book/professionalnoe\\_obrazovanie\\_i\\_rynok\\_truda-2372/publication/145826/?ysclid=lg3qr2vydg319441436](https://eposlink.com/ru/catalog/library/elibrary/book/professionalnoe_obrazovanie_i_rynok_truda-2372/publication/145826/?ysclid=lg3qr2vydg319441436) (дата обращения: 31.03.2023).

55. Ханзафарова А. У., Анахов С. В. Плазменная утилизация отходов: достоинства и недостатки [Электрон. ресурс] // Экологическая безопасность в техносферном пространстве: сборник материалов Пятой Международной научно-практической конференции преподавателей, молодых ученых и студентов (Екатеринбург, 20 мая 2022 г.). Екатеринбург: Рос. гос. проф.-пед. ун-т, 2022. С. 321–326. Режим доступа: <https://kgeu.ru/studportfolio/GetDoc/67548?idFizLico=131583> (дата обращения: 31.03.2023).

56. Латур Б. Наука в действии: следуя за учеными и инженерами внутри общества. Санкт-Петербург: Изд-во Европ. ун-та в Санкт-Петербурге, 2013. 414 с.

57. Латур Б. Дайте мне лабораторию, и я переверну мир / пер. с англ. П. Куслий // Логос. 2002. № 5–6 (35). С. 211–242.

58. Lacroix M. Reintroducing engineering thinking in the development world [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://medium.com/qonto-way/reintroducing-engineering-thinking-in-the-development-world-1541f7cbf1d1> (дата обращения: 01.04.2023).

59. Waks Sh., Trotskovsky E., Sabag N., Hazzan O. Engineering Thinking: The Experts' Perspective // International Journal of Engineering Education. 2011. Vol. 27, no. 4. P. 838–851. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/260980041\\_Engineering\\_Thinking\\_The\\_Expert's\\_Perspective](https://www.researchgate.net/publication/260980041_Engineering_Thinking_The_Expert's_Perspective) (date of access: 01.04.2023).

## References

1. Madkhavan G. Dumay kak inzhener. Kak prevrashchat problemy v vozmozhnosti = Think like an engineer. How to turn problems into opportunities. Moscow: Publishing House Mann, Ivanov i Ferber; 2016. 256 p. (In Russ.)
2. Livshits V. I. Innovations in engineering education and the role of professorship mentality. *Obrazovanie i nauka = The Education and Science Journal*. 2012; 2 (91): 130–140. DOI: 10.17853/1994-5639-2012-2-130-140 (In Russ.)
3. Guzanov B. N., Goryushina N. Yu. Social professionalization in the preparation of a teacher of vocational training. *Pedagogicheskiy zhurnal Bashkortostana = Pedagogical Journal of Bashkortostan* [Internet]. 2010 [cited 2023 Apr 01]; 5 (30): 119–124. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/sotsialnaya-professionalizatsiya-pri-podgotovke-pedagoga-professionalnogo-obucheniya-1/viewer> (In Russ.)
4. Gabysheva L. K. Transformation of the education model in the context of humanitarization of engineering training. In: *Gumanitarizatsiya inzhenerenogo obrazovaniya: metodologicheskiye osnovy i praktika: materialy mezhdunarodnoy nauchno-metodicheskoy konferentsii = Humanization of Engineering Education: Methodological Foundations and Practice. Materials of the International Scientific and Methodological Conference* [Internet]; 2018 Apr 19; Tyumen. Tyumen: Industrial University of Tyumen; 2018 [cited 2023 Mar 31]; p. 13–25. Available from: [https://rusneb.ru/catalog/000200\\_000018\\_RU\\_NLR\\_BIBL\\_A\\_012190158/?ysclid=lg3qy7ayks467957370](https://rusneb.ru/catalog/000200_000018_RU_NLR_BIBL_A_012190158/?ysclid=lg3qy7ayks467957370) (In Russ.)
5. Mustafina D. A., Rakhmankulova G. A., Korotkova N. N. The competitiveness model of the future software engineer. *Sovremennyye naukoymkiye tekhnologii = Modern High Technologies* [Internet]. 2010 [cited 2023 Apr 01]; 8: 16–20. Available from: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=25265&ysclid=lg3hbu1gwb865812833> (In Russ.)
6. Pokholkov Yu. P., Agranovich B. L. Approaches to the formation of the national doctrine of engineering education in Russia in the context of new industrialization: Problems, goals, challenges. *Inzhenernoye obrazovanie = Engineering Education* [Internet]. 2012 [cited 2023 Apr 01]; 9: 5–11. Available from: [https://www.aeer.ru/files/io/m9/art\\_1.pdf](https://www.aeer.ru/files/io/m9/art_1.pdf) (In Russ.)
7. Leydens J. A., Lucena J. C. Engineering justice: Transforming engineering education and practice [Internet]. Hoboken: IEEE Press; 2018 [cited 2023 Mar 31]. 304 p. Available from: <https://books.google.ru/books?id=uKZFDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=ru#v=onepage&q&f=false>
8. Crawley E. F., Malmqvist J., Ostlund S., Brodeur D. R., Edström K. Rethinking engineering education: The CDIO approach. 2<sup>nd</sup> edition. New York: Springer; 2014. 311 p. DOI: 10.1007/978-3-319-05561-9
9. Kamp A. Engineering education in the rapidly changing world: Rethinking the vision for higher engineering education at TU Del [Internet]. Delft: TU Delft; 2014 [cited 2023 Apr 01]. 40 p. Available from: [http://www.cdio.org/files/document/file/Vision%20document%20TU%20Delft%20def2\\_1.pdf](http://www.cdio.org/files/document/file/Vision%20document%20TU%20Delft%20def2_1.pdf)
10. Celik S., Kirjavainen S., Bjorklund T. A. Educating future engineers: Student perceptions of the societal linkages of innovation opportunities. In: *ASEE Annual Conference*; 2020. DOI: 10.18260/1-2--34490
11. Baranova A. A., Guzanov B. N., Bazhukova I. N. Professional and communicative competence in the system of special training of masters in a technical university. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta = Tomsk State Pedagogical University Bulletin*. 2021; 2 (214): 60–70. DOI: 10.23951/1609-624X-2021-2-60-70 (In Russ.)
12. Guzanov B. N., Baranova A. A., Zvonareva I. A. Transdisciplinary approach to the formation of self-realization skills in the process of preparing masters. *Mir nauki, kultury, obrazovaniya = The World of Science, Culture and Education*. 2020; 5 (84): 188–190. DOI: 10.24411/1991-5497-2020-00926 (In Russ.)
13. Guzanov B. N., Baranova A. A., Lovtsevich T. L. Project-based training with transprofessional training at a technical university. *Professional'noye obrazovaniye i ryok truda = Vocational Education and Labour Market*. 2019; 3: 44–52. DOI: 10.24411/2307-4264-2019-10305 (In Russ.)



14. Rakhmankulova G. A., Kuzmin S. Yu., Mustafina D. A., Rebro I. V. Formirovaniye inzhenerenogo myshleniya studentov cherez issledovatel'skuyu deyatelnost = Formation of engineering thinking of students through research activities [Internet]. Moscow: Publishing House Izdatelskiye resheniya; 2015 [cited 2023 Apr 01]. 113 p. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29291500> (In Russ.)

15. Gilmartin S. K., Shartrand A., Chen H. L., Estrada C., Sheppard S. Investigating entrepreneurship program models in undergraduate engineering education. *International Journal of Engineering Education*. 2016; 32 (5): 2048–2065.

16. Brown T. Change by design: How design thinking transforms organizations and inspires innovation. *Harper Business* [Internet]. 2009 [cited 2023 Apr 01]. Available from: [http://hozekf.oerp.ir/sites/hozekf.oerp.ir/files/kar\\_fanavari/manabe%20book/Thinking/Change%20by%20Design\\_%20How%20Design%20Thinking%20Transforms%20Organizations%20and%20Inspires%20Innovation%20.pdf](http://hozekf.oerp.ir/sites/hozekf.oerp.ir/files/kar_fanavari/manabe%20book/Thinking/Change%20by%20Design_%20How%20Design%20Thinking%20Transforms%20Organizations%20and%20Inspires%20Innovation%20.pdf)

17. Dorst K. The core of 'design thinking' and its application. *Design Studies*. 2011; 32 (6): 521–532. DOI: 10.1016/j.destud.2011.07.006

18. Shchedrovitskiy P. G. Inzhenernoye myshleniye i inzhenernaya podgotovka: materialy dlya razrabotchikov programm operezhayushchey podgotovki sovremennykh inzhenerov = Engineering thinking and engineering training: materials for developers of advanced training programs for modern engineers [Internet]. n.d. [cited 2023 Apr 01]. Available from: <https://shchedrovitskiy.com/inzhenernoe-mishleniye/?ysclid=lg3jqv84xs466444549> (In Russ.)

19. Batovrin V. K. Sistemnaya i programmaya inzheneriya = System and software engineering [Internet]. Moscow: Publishing House DMK Press; 2010. 279 p. Available from: <https://www.litres.ru/book/viktor-batovrin/sistemnaya-i-programmnaya-inzheneriya-slovar-spravochnik-22072509/?ysclid=lg-3jwx4ufk169476937> (In Russ.)

20. Levenchuk A. K. Sistemnaya inzheneriya = System engineering [Internet]. Moscow: Publishing House Ridero; 2022 [cited 2023 Apr 01]. 378 p. Available from: [https://ridero.ru/books/sistemnaya\\_inzheneriya\\_2022/?ysclid=lg3kampvh8323453044](https://ridero.ru/books/sistemnaya_inzheneriya_2022/?ysclid=lg3kampvh8323453044) (In Russ.)

21. Chubik P. S., Markov N. G., Miroshnichenko E. A., Petrovskaya T. S. System engineering and its implementation in the educational programs of Tomsk Polytechnic University. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta = Bulletin of the Tomsk Polytechnic University* [Internet]. 2013 [cited 2023 Apr 01]; 323 (5): 176–181. Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20958308> (In Russ.)

22. Pakhomov Yu. STEM- i STEAM-obrazovaniye: ot doshkolnika do vypusknika VUZa = STEM and STEAM education: From preschooler to university graduate [Internet]. 2021 [cited 2023 Apr 01]. Available from: <https://pedsovet.org/article/stem-i-steam-obrazovanie-ot-doshkolnika-do-vypusknika-vuza> (In Russ.)

23. Perry W. G. Jr. Forms of intellectual and ethical development in the college years: A scheme [Internet]. New York: Holt, Rinehart, and Winston; 1970 [cited 2023 Apr 01]. 336 p. Available from: <https://archive.org/details/formsofintellect0000perr>

24. Belskikh M. 5 osnovaniy ispolzovat keys-stadi v issledovaniyakh = 5 reasons to use case studies in research [Internet]. 2015 [cited 2023 Apr 01]. Available from: <https://www.becoming-researcher.com/5-reasons-to-use-the-case-study-in-research> (In Russ.)

25. Varganova G. V. Case studies as a method of scientific research. *Bibliosfera = Bibliosphere* [Internet]. 2006 [cited 2023 Apr 01]; 2: 36–42. Available from: <https://www.bibliosphere.ru/jour/article/view/1511> (In Russ.)

26. Stepin V. S., Kuznetsova L. F. Nauchnaya kartina mira v kulture tekhnogennoy tsivilizatsii = The scientific picture of the world in the culture of technogenic civilization [Internet]. Moscow: The Institute of Philosophy of the Russian Academy of Sciences; 1994 [cited 2023 Apr 01]. 274 p. Available from: <https://znanium.com/catalog/document?id=12601&ysclid=lg3ml0mchd621417612> (In Russ.)

27. Bilyanskiy K. V. Scientific picture of the world: Essence, functions and historical forms [Internet]. *Molodoy uchenyy = Young Scientist* [Internet]. 2018 [cited 2022 Nov 29]; 50 (236): 494–495. Available from: <https://moluch.ru/archive/236/54805/> (In Russ.)



28. Andryukhina L. M. World view: New modalities in the era of the knowledge economy. In: *Chetvertye Loyfmanovskiye chteniya. Filosofskoye mirovozzreniye i kartina mira: materialy Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii: Issue I = Fourth Loyfman Readings. Philosophical Worldview and Picture of the World. Materials of the All-Russian Scientific Conference* [Internet]; 2009 Dec 17–18; Ekaterinburg. Ekaterinburg: Publishing House of the Ural University; 2009 [cited 2022 Nov 29]; p. 228–233. Available from: [https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/115564/1/978-5-7525-4008-0\\_063.pdf?ysclid=lg3msw3hh7377074240](https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/115564/1/978-5-7525-4008-0_063.pdf?ysclid=lg3msw3hh7377074240) (In Russ.)

29. Vernadskiy V. I. Nauchnaya mysl kak planetnoye yavleniye = Scientific thought as a planetary phenomenon [Internet]. Moscow: Publishing House Nauka; 1991 [cited 2022 Nov 29]. 271 p. Available from: <http://vernadsky.lib.ru/e-texts/archive/thought.html> (In Russ.)

30. Robert I. V. Didactics of the digital information technology era. *Professional'noye obrazovaniye. Stolitsa = Vocational Education. The Capital* [Internet]. 2019 [cited 2022 Nov 29]; 3: 16–26. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37052429&ysclid=lg3n2x8ngw448370764> (In Russ.)

31. Robert I. V. Convergence of educational sciences and information technologies as an evolutionary convergence of sciences and technologies. *Informatsionnaya sreda obrazovaniya i nauki = Information Environment of Education and Science* [Internet]. 2014 [cited 2022 Nov 29]; 20: 25–67. Available from: [http://www.iiorao.ru/iio/pages/izdat/ison/publication/ison\\_2014/num\\_20\\_2014](http://www.iiorao.ru/iio/pages/izdat/ison/publication/ison_2014/num_20_2014) (In Russ.)

32. Robert I. V. Razvitie didaktiki v usloviyah informatizatsii obrazovaniya kak transfer-integrativnoy oblasti nauchnogo znaniya (konceptiya) = Development of didactics in the conditions of informatization of education as a transfer-integrative field of scientific knowledge (concept) [Internet]. Moscow: the Institute for Informatization of Education of the Russian Academy of Education; 2014 [cited 2022 Nov 29]. 38 p. Available from: [http://robert-school.ru/iio/pages/educational/n\\_m\\_liter/year\\_2014/robert\\_2014](http://robert-school.ru/iio/pages/educational/n_m_liter/year_2014/robert_2014) (In Russ.)

33. Kostrova Yu. S. History of biomathematics and features of its teaching in modern higher school. *Professional'noye obrazovanie v Rossii i za rubezhom = Vocational Education in Russia and Abroad* [Internet]. 2016 [cited 2023 Apr 01]; 24 (4): 212–216. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/istoriya-biomatematiki-i-osobennosti-ee-prepodavaniya-v-sovremennoy-vysshey-shkole/viewer> (In Russ.)

34. Belgorodskiy V. S., Lavrova O. M., Guseynova S. N., Isayeva T. A., Kobrakov K. I., Movsumzade E. M., Guseynov F. I. Practice-oriented models of engineering *Istoriya i pedagogika estestvoznaniya = History and Pedagogy of Natural Science* [Internet]. 2022 [cited 2023 Apr 01]; 1: 65–70. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/praktiko-orientirovannye-modeli-inzhenernogo-obrazovaniya> (In Russ.)

35. Dvulichanskaya N. N., Pyasetskiy V. B. Engineering education: A practice-oriented approach. *Vysshee obrazovaniye v Rossii = Higher Education in Russia* [Internet]. 2017 [cited 2023 Apr 01]; 214 (7): 147–151. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/inzhenernaya-pedagogika-praktiko-orientirovanny-podhod> (In Russ.)

36. Kosolapova S. A., Kalinovskaya T. G., Kosolapov A. I. On the issue of the fundamentalization of engineering education. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya = Advances in Current Natural Sciences* [Internet]. 2013 [cited 2023 Apr 01]; 6: 134–136. Available from: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=32518> (In Russ.)

37. Boev O., Imas O. Trends in mathematical training of engineers. *Vysshee obrazovaniye v Rossii = Higher Education in Russia* [Internet]. 2005 [cited 2023 Apr 01]; 4: 15–22. Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9570533> (In Russ.)

38. Anakhov S. V. Engineering thinking: Mathematical and natural science context. In: *Inzhenernoye myshleniye: sotsial'nyye perspektivy: materialy mezhdunarodnoy mezhdistsiplinarnoy konferentsii = Engineering Thinking: Social Perspectives. Proceedings of the International Interdisciplinary Conference* [Internet]; 2020 Feb 12–13; Ekaterinburg. Ekaterinburg: Publishing House Delovaya kniga; 2020 [cited 2023 Apr 01]; p. 8–15. Available from: <http://hdl.handle.net/10995/94942?ysclid=lg3o0b5g3745063054639> (In Russ.)

39. Anakhov S. V. Engineering education and digital production trends. In: *Innovatsii v professional'nom i professional'no-pedagogicheskom obrazovanii: materialy 24-y Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* = *Innovations in Professional and Vocational Education. Materials of the 24<sup>th</sup> International Scientific and Practical Conference* [Internet]; 2019 Apr 23–24; Ekaterinburg. Ekaterinburg: Russian State Vocational Pedagogical University; 2019 [cited 2023 Apr 01]; p. 163–165. Available from: <https://elar.rsvpu.ru/handle/123456789/28944?ysclid=lg3o9a324c878032221> (In Russ.)
40. Rebrin O. I., Sholina I. I. The main directions of development of engineering education = *Oslovnnyye napravleniya razvitiya inzhenernogo obrazovaniya*. In: *Innovatsii v professional'nom i professional'no-pedagogicheskom obrazovanii: materialy 24-y Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* = *Innovations in Professional and Vocational Education. Materials of the 24<sup>th</sup> International Scientific and Practical Conference* [Internet]; 2019 Apr 23–24; Ekaterinburg. Ekaterinburg: Russian State Vocational Pedagogical University; 2019 [cited 2023 Apr 01]; p. 121–123. Available from: <https://elar.rsvpu.ru/handle/123456789/28929?ysclid=lg3ofhamqi580312838> (In Russ.)
41. Borovkov A. I., Burdakov S. F., Klyavin O. I., Melnikova M. P., Palmov V. A., Silina E. N. *Sovremennoye inzhenernoye obrazovaniye* = Modern engineering education. St. Petersburg: Polytechnical University; 2012. 80 p. DOI: 10.18720/SPBPU/2/si20-1621 (In Russ.)
42. Zeyer E. F., Symanyuk E. E., Berdnikova D. V., Borisov G. I. Methodological foundations of transprofessionalism of subjects of technomic activity. *Pedagogicheskoye obrazovaniye v Rossii* = *Pedagogical Education in Russia* [Internet]. 2018 [cited 2023 Apr 01]; 11: 38–47. Available from: <http://journals.uspu.ru/attachments/article/2230/5.pdf> (In Russ.)
43. Zeyer E. F. Psychological and pedagogical platform for the formation of professional education teacher's transprofessionalism. *Professional'noye obrazovaniye. Stolitsa* = *Vocational Education. The Capital* [Internet]. 2017 [cited 2023 Apr 01]; 6: 5–9. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29426048&ysclid=lg3otpc9d0652341661> (In Russ.)
44. Bryanik N. V. Scientific worldview of Russian cosmists and non-classical science. *Vestnik Gumanitarnogo universiteta* = *Bulletin of Liberal Arts University*. 2022; 4 (39): 127–137. DOI: 10.35853/vestnik.gu.2022.4(39).13 (In Russ.)
45. Dyshkantuyuk A. V., Posadov I. A., Skobelev P. O., Trishankov V. V. System engineering thinking as a methodological approach to the institutional construction of a business in the format of a contract for the life cycle of high-tech products. *Voprosy innovatsionnoy ekonomiki* = *Issues of Innovation Economics*. 2022; 12 (2): 1261–1282. DOI: 10.18334/vinec.12.2.114980 (In Russ.)
46. Andryukhina L. M. World view and forms of knowledge representation in the context of creative educational practices. In: *Materialy V mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Obrazovaniye: traditsii i innovatsii"* = *Education: Traditions and Innovations. Materials of the V International Scientific and Practical Conference* [Internet]; 2014 Apr 22; Prague. Prague: World Press; 2014 [cited 2023 Apr 01]; p. 39–46. Available from: [http://www.xxivek.moscow.school.ru/06MAR2017/Conf\\_Prague.pdf?ysclid=lg3p7itov5794754678](http://www.xxivek.moscow.school.ru/06MAR2017/Conf_Prague.pdf?ysclid=lg3p7itov5794754678) (In Russ.)
47. Budanov V. G., Arshinov V. I., Lepskiy V. E., Svirskiy Ya. I. Slozhnostnost i problema edinstva znaniya. Vyp. 1. K strategii poznaniya slozhnosti = Complexity and the problem of unity of knowledge. Issue 1. On the strategy of cognition of complexity [Internet]. Moscow: The Institute of Philosophy of the Russian Academy of Sciences; 2018 [cited 2023 Apr 01]. 105 p. Available from: <https://iphras.ru/uplfile/root/books/2018/Budanov.pdf> (In Russ.)
48. Vildanov Kh. S. The role of axiology in the humanitarization of higher technical education. In: *Gumanitarizatsiya inzhenernogo obrazovaniya: metodologicheskiye osnovy i praktika: materialy mezhdunarodnoy nauchno-metodicheskoy konferentsii* = *Humanization of Engineering Education: Methodological Foundations and Practice. Materials of the International Scientific and Methodological Conference* [Internet]; 2018 Apr 19; Tyumen. Tyumen: Industrial University of Tyumen; 2018 [cited 2023 Apr 01]; p. 63–68. Available from: [https://rusneb.ru/catalog/000200\\_000018\\_RU\\_NLR\\_BIBL\\_A\\_012190158/?ysclid=lg3q2yi1a877995177](https://rusneb.ru/catalog/000200_000018_RU_NLR_BIBL_A_012190158/?ysclid=lg3q2yi1a877995177) (In Russ.)

49. Romantsev G. M., Fedorov V. A., Glukhanyuk N. S. *Teoriya i praktika professional'no-pedagogicheskogo obrazovaniya* = Theory and practice of vocational pedagogical education [Internet]. Ed. by G. M. Romantsev. Ekaterinburg: Russian State Vocational Pedagogical University; 2007 [cited 2023 Apr 01]. Vol. 1. 305 p. Available from: <https://elar.rsvpu.ru/handle/123456789/2221?mode=full> (In Russ.)

50. Anakhov S. V., Pykin Yu. A., Matushkin A. V. *Plazmennye instrumenty v mashinostroitel'nyh tehnologiyah* = Plasma instruments in machine-building technologies [Internet]. Ekaterinburg: Russian State Vocational Pedagogical University; 2022 [cited 2023 Apr 01]. 189 p. Available from: <https://elar.rsvpu.ru/handle/123456789/42775?mode=full> (In Russ.)

51. Anakhov S. V. *Principy i metody proektirovaniya plazmotronov* = Principles and methods of designing plasma torches [Internet]. Ekaterinburg: Russian State Vocational Pedagogical University; 2018. 165 p. Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39989675> (In Russ.)

52. Baranova A. A., Bazhukova I. N., Lovtsevich T. L. Innovative approach in the training of engineers at a technical university. In: *Global'naya konferenciya po tehnologiyam v obrazovanii Edcrunch Ural: novye obrazovatel'nye tehnologii v vuze – 2019: sbornik statej konferencii* = Collection of the Flock of the Conference "Global Conference on Technologies in Education Edcrunch Ural: New Educational Technologies in Higher Education – 2019" [Internet]; 2019 Apr 24–26; Ekaterinburg. Ekaterinburg: Ural Federal University; 2019 [cited 2023 Apr 01]. p. 18–24. Available from: <https://elar.ufu.ru/handle/10995/74061?ysclid=lg3q9gakbu980953952> (In Russ.)

53. Zeer F. E., Zavodchikov D. P., Zinnatova M. V., Bukovey T. D., Tretyakova V. S. *Transprofesionalizm sub'ektov social'no-professional'noj dejatel'nosti* = Transprofessionalism of subjects of socio-professional activity [Internet]. Ekaterinburg: Russian State Vocational Pedagogical University; 2019 [cited 2023 Apr 01]. 142 p. Available from: <https://elar.rsvpu.ru/handle/123456789/27462?mode=full&ysclid=lg3qfxybs505082998> (In Russ.)

54. Guzanov B. N., Fedulova M. A. Features of transprofessional engineering training in a vocational pedagogical university. *Professional'noye obrazovaniye i rynek truda* = Vocational Education and Labour Market [Internet]; 2019 [cited 2023 Apr 01]; 1: 66–70. Available from: [https://eposlink.com/ru/catalog/library/elibrary/book/professionalnoe\\_obrazovanie\\_i\\_rynok\\_truda-2372/publication/145826/?ysclid=lg3qr2vydg319441436](https://eposlink.com/ru/catalog/library/elibrary/book/professionalnoe_obrazovanie_i_rynok_truda-2372/publication/145826/?ysclid=lg3qr2vydg319441436) (In Russ.)

55. Khanzafarova A. U., Anakhov S. V. Plasma waste disposal: Advantages and disadvantages. In: *Jekologicheskaja bezopasnost' v tehnosfernom prostranstve: sbornik materialov Pjatoj Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii prepodavatelej, molodyh uchenyh i studentov* = Environmental Safety in the Technosphere: A Collection of Materials of the Fifth International Scientific and Practical Conference of Teachers, Young Scientists and Students [Internet]; 2022 May 20; Ekaterinburg. Ekaterinburg: Russian State Vocational Pedagogical University; 2022 [cited 2023 Apr 01]. p. 321–326. Available from: <https://kgeu.ru/studportfolio/GetDoc/67548?idFizLico=131583> (In Russ.)

56. Latour B. *Nauka v dejstvii: sleduja za uchenymi i inzhenerami vnutri obshhestva* = Science in action: How to follow scientists and engineers through society. St. Petersburg: Publishing House of European University in St. Petersburg; 2013. 414 p. (In Russ.)

57. Latour B. *Dajte mne laboratoriju, i ja perevernu mir* = Give me a laboratory and I will raise the world. *Logos*. 2002; 5–6 (35): 211–242. (In Russ.)

58. Lacroix M. Reintroducing engineering thinking in the development world [Internet]. n.d. [cited 2023 Apr 01]. Available from: <https://medium.com/qonto-way/reintroducing-engineering-thinking-in-the-development-world-1541f7cbf1d1>

59. Waks Sh., Trotskovsky E., Sabag N., Hazzan O. Engineering thinking: the experts' perspective. *International Journal of Engineering Education* [Internet]. 2011 [cited 2023 Apr 01]; 27 (4): 838–851. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/260980041\\_Engineering\\_Thinking\\_The\\_Expert's\\_Perspective](https://www.researchgate.net/publication/260980041_Engineering_Thinking_The_Expert's_Perspective)

**Информация об авторах:**

**Андрюхина Людмила Михайловна** – доктор философских наук, профессор, профессор кафедры профессиональной педагогики и психологии, Институт психолого-педагогического образования, Российский государственный профессионально-педагогический университет; ORCID 0000-0003-1279-1949; Екатеринбург, Россия. E-mail: andrlm@yandex.ru

**Гузанов Борис Николаевич** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой инженерного и профессионального обучения в машиностроении и металлургии, Институт инженерно-педагогического образования, Российский государственный профессионально-педагогический университет; ORCID 0000-0001-5698-0018; Екатеринбург, Россия. E-mail: guzanov\_bn@mail.ru

**Анахов Сергей Вадимович** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой математических и естественно-научных дисциплин, Институт инженерно-педагогического образования, Российский государственный профессионально-педагогический университет, ORCID 0000-0003-1460-6305; Екатеринбург, Россия. E-mail: sergej.anahov@rsvpu.ru

**Вклад соавторов:**

Л. М. Андрюхина – концепция статьи, кейс-анализ, основные идеи и результаты.

Б. Н. Гузанов – анализ отечественных и зарубежных источников по теме статьи.

С. В. Анахов – анализ практики образования по теме статьи, представление опыта ФГАОУ ВО РГППУ.

**Информация о конфликте интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 02.04.2023; поступила после рецензирования 12.08.2023; принята к публикации 06.09.2023.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

**Information about the authors:**

**Lyudmila M. Andryukhina** – Dr. Sci. (Philosophy), Professor, Department of Professional Pedagogics and Psychology, Institute of Psychological and Pedagogical Education, Russian State Vocational Pedagogical University; ORCID 0000-0003-1279-1949; Ekaterinburg, Russia. E-mail: andrlm@yandex.ru

**Boris N. Guzanov** – Dr. Sci. (Engineering), Professor, Head of the Department of Engineering and Vocational Training in Mechanical Engineering and Metallurgy, Institute of Engineering and Pedagogical Education, Russian State Vocational Pedagogical University; ORCID 0000-0001-5698-0018; Ekaterinburg, Russia. E-mail: guzanov\_bn@mail.ru

**Sergey V. Anakhov** – Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Mathematical and Natural Sciences, Institute of Engineering and Pedagogical Education, Russian State Vocational Pedagogical University; ORCID 0000-0003-1460-6305; Ekaterinburg, Russia. E-mail: sergej.anahov@rsvpu.ru

**Contribution of the authors:**

L. M. Andryukhina – concept of the article, case analysis, main ideas and results.

B. N. Guzanov – analysis of Russian and foreign sources on the topic of the article.

S. V. Anakhov – analysis of the practice of education on the subject of the article, presentation of the experience of the Russian State Vocational Pedagogical University.

**Conflict of interest statement.** The authors declare that there is no conflict of interest.

Received 02.04.2023; revised 12.08.2023; accepted for publication 06.09.2023.

The authors have read and approved the final manuscript.

**Información sobre los autores:**

**Liudmila Mijáilovna Andriújina:** Doctora en Ciencias de la Filosofía, Profesora, Profesora del Departamento de Pedagogía y Psicología Profesional, Instituto de Educación Psicológica y Pedagógica, Universidad Pedagógica Vocacional Estatal de Rusia; ORCID 0000-0003-1279-1949; Ekaterimburgo, Rusia. Correo electrónico: andrlm@yandex.ru

**Borís Nikoláevich Guzánov:** Doctor en Ciencias Técnicas, Profesor, Jefe del Departamento de Ingeniería y Formación Profesional en Ingeniería Mecánica y Metalúrgica, Instituto de Ingeniería y Educación Pedagógica, Universidad Pedagógica Vocacional Estatal de Rusia; ORCID 0000-0001-5698-0018; Ekaterimburgo, Rusia. Correo electrónico: guzanov\_bn@mail.ru

**Serguey Vadímovich Anájov:** Candidato A Ciencias Técnicas, Profesor Asociado, Jefe del Departamento de Ciencias Matemáticas y Naturales, Instituto de Ingeniería y Educación Pedagógica, Universidad Pedagógica Vocacional Estatal de Rusia, ORCID 0000-0003-1460-6305; Ekaterimburgo, Rusia. Correo electrónico: sergej.anahov@rsvpu.ru

**Contribución de coautoría:**

L. M. Andriújina: concepto del artículo, análisis de caso, ideas principales y resultados.

B. N. Guzánov: análisis de fuentes nacionales y extranjeras sobre el tema del artículo.

S. V. Anájov: análisis de la práctica de la educación sobre el tema del artículo, presentación de la experiencia de la Institución Educativa Autónoma de Educación Superior del Estado Federal Universidad Pedagógica Vocacional Estatal de Rusia.

**Información sobre conflicto de intereses.** Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

El artículo fue recibido por los editores el 02/04/2023; recepción efectuada después de la revisión el 12/08/2023; aceptado para su publicación el 06/09/2023.

Los autores leyeron y aprobaron la versión final del manuscrito.