

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ОБРАЗОВАНИЯ

УДК 378.147

DOI:10.17853/1994-5639-2024-2-113-139

ТРАНСДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ПОДХОД КАК РЕСУРС РАЗВИТИЯ У СТУДЕНТОВ МЕТАКОГНИТИВНЫХ НАВЫКОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

А. Б. Исакова¹, К. А. Нурумжанова²

Торайгыров Университет, Павлодар, Казахстан.

E-mail: ¹anar_is@mail.ru; ²75646100@mail.ru

Аннотация. *Введение.* В статье представлены результаты исследования актуальной проблемы применения трансдисциплинарного подхода, как современного образовательного ресурса, способствующего повышению эффективности и продуктивности результатов обучения студентов на основе повышения их когнитивной активности, обусловленных целью формирования в учебном процессе метакогнитивных навыков.

Цель исследования заключается в оценке эффективности применения трансдисциплинарного подхода к созданию интегрированного дидактического контента физико-технических дисциплин, как дидактического ресурса для развития у студентов инженерно-технического мышления через формирование метакогнитивных навыков.

Методология, методы и методика. Авторская концепция исследования заключается в актуализации трансдисциплинарного принципа для мобилизации и раскрытия возможностей содержания и технологий интегрированного изучения физико-математических и общетехнических дисциплин для формирования у студентов метанавыков. При этом мы предполагали, что инженерно-технические метанавыки – это особый тип интегрированных навыков и неотъемлемая личностная характеристика инженера, позволяющая ему более эффективно осуществлять профессиональную деятельность в условиях стремительного развития новых технологий, когда актуализируется не наращивание и обновление объема знаний, а стремление к управлению, осмыслению когнитивного потенциала на основе мобильных трансдисциплинарных знаний и системы специальных «мета», «hard» и «soft» навыков. Были проведены констатирующий и формирующий этапы педагогического эксперимента. На констатирующем этапе эксперимента для оценки уровня сформированности инженерно-технического мышления у студентов, был разработан, в качестве критериально-диагностического аппарата, оптимальный перечень базовых критериев, в котором измеряемой переменной служит полнота и уровень оценки учебных достижений, полученных студентами при выполнении системы трансдисциплинарных конструктивистских кейс-заданий. На формирующем этапе эксперимента с участием 316 студентов разных лет обучения «Toraighyrov University» в два этапа выполнена оценка эффективности применения трансдисциплинарного контента общетехнических дисциплин.

Результаты. Результаты педагогического эксперимента подтвердили эффективность применения трансдисциплинарного подхода к разработке интегрированного дидактического контента общетехнических и физико-математических дисциплин. В экспериментальной группе в

уровне сформированности инженерно-технических метанавыков у студентов, наибольшая разница наблюдалась между показателями сформированности компонентов мышления, касающихся инженерно-конструкторского (18 %) и когнитивного (64 %) аспектов. Меньшее влияние трансдисциплинарный подход оказывает на инструментальный аспект решения технических задач, это доказывает, что, и традиционное, и трансдисциплинарное обучение, прежде всего, нацелены на формирование инструментальных навыков. В результате экспериментального преподавания у будущих инженеров повысилась когнитивная мотивационная осмысленность в процессе решения технических задач.

Научная новизна. Разработан на основе трансдисциплинарного принципа интегрированный дидактический контент общетехнических дисциплин, внесены дополнения, в виде конструктивистских кейс-заданий, способствующих развитию метакогнитивных навыков студентов, применяемых, вместе с другими навыками, при решении технических задач, конкретизированы когнитивная структура и содержание понятия «инженерно-техническое мышление».

Практическая значимость. Созданный для применения в экспериментальном обучении кейс-практикум заданий достаточно вариативен и может применяться в практической линии любой интегрированной физико-технической дисциплины.

Ключевые слова: инженерно-техническое мышление, стратегии метаобучения, метазнания, метакогнитивные навыки, трансдисциплинарное мышление, дидактический ресурс, ресурсный подход, трансдисциплинарный подход, дидактический контент, общетехнические дисциплины.

Для цитирования: Исакова А. Б., Нурумжанова К. А. Трансдисциплинарный подход как ресурс развития у студентов метакогнитивных навыков при изучении физико-технических дисциплин // Образование и наука. 2024. Т. 26, № 2. С. 113–139. DOI: 10.17853/1994-5639-2024-2-113-139

TRANSDISCIPLINARY APPROACH AS A RESOURCE TO DEVELOP STUDENT METACOGNITIVE SKILLS IN STUDYING PHYSICAL AND ENGINEERING DISCIPLINES

A. B. Iskakova¹, K. A. Nurumzhanova²

Toraighyrov University, Pavlodar, Kazakhstan.

E-mail: ¹anar_is@mail.ru; ²75646100@mail.ru

Abstract. Introduction. The article presents the results of a study of the actual problem in applying a transdisciplinary approach as a modern educational resource that contributes to improving the efficiency and productivity of students' learning outcomes based on increasing their cognitive activity, due to the purpose of forming metacognitive skills in the educational process.

Aim. The current study aims to assess the effectiveness of the transdisciplinary approach to the creation of integrated didactic content of physical and engineering disciplines as a didactic resource to develop engineering thinking in students through the formation of metacognitive skills.

Methodology and research methods. The authors' concept of the study is to actualise the transdisciplinary principle for the mobilisation and disclosure of the possibilities of the content and technologies of integrated study of physical, mathematical and general engineering disciplines for the formation of students' meta-skills. At the same time, the authors assumed that engineering meta-skills are a special type of integrated skills and an integral personal characteristic of an engineer, allowing him/her to more effectively carry out professional activities in the conditions of rapid development of new technologies, when it is not the increase and updating of knowledge, but the desire to manage, comprehend cognitive potential based on mobile transdisciplinary knowledge and systems that are actualised special "meta", "hard" and "soft" skills. The ascertaining and forming stages of the pedagogical experiment were carried out. At the ascertaining stage of the experiment, in order to assess the level of formation of engineering

thinking among students, an optimal list of basic criteria was developed as a criterion-diagnostic apparatus, in which the measured variable is the completeness and level of evaluation of educational achievements obtained by students when performing a system of transdisciplinary constructivist case tasks. At the formative stage of the experiment with the participation of 316 students of different years of study at Toraighyrov University, an assessment of the effectiveness of the application of transdisciplinary content of general engineering disciplines was carried out in two stages.

Results. The results of the pedagogical experiment confirmed the effectiveness of the transdisciplinary approach to the development of integrated didactic content of general engineering and physical-mathematical disciplines. In the experimental group, in the level of formation of engineering meta-skills among students, the greatest difference was observed between the indicators of formation of thinking components related to engineering and design (18 %) and cognitive (64 %) aspects. The transdisciplinary approach has less influence on the instrumental aspect of solving engineering problems, which proves that both traditional and transdisciplinary training are primarily aimed at the formation of instrumental skills. As a result of experimental teaching, future engineers have increased cognitive motivational awareness in the process of solving engineering problems.

Scientific novelty. The integrated didactic content of general engineering disciplines was developed on the basis of the transdisciplinary principle; additions were made in the form of constructivist case studies that contribute to the development of students' metacognitive skills applied with other skills when solving engineering problems; and the cognitive structure and content of the concept of "engineering thinking" were concretised.

Practical significance. The developed case-workshop of tasks to be used in experimental training is quite variable and can be applied in the practical line of any integrated physical and engineering discipline.

Keywords: engineering thinking, transdisciplinary thinking, didactic resource, resource approach, transdisciplinary approach, didactic content, general engineering disciplines.

For citation: Iskakova A. B., Nurumzhanova K. A. Transdisciplinary approach as a resource to develop student metacognitive skills in studying physical and engineering disciplines. *Obrazovanie i nauka = The Education and Science Journal*. 2024; 26 (2): 113–139. DOI: 10.17853/1994-5639-2024-2-113-139

EL ENFOQUE TRANSDICIPLINARIO COMO RECURSO ORIENTADO AL DESARROLLO DE LAS HABILIDADES METACOGNITIVAS DE LOS ESTUDIANTES AL ESTUDIAR DISCIPLINAS RELACIONADAS CON LA FÍSICA Y LA INGENIERÍA

A. B. Iskákova¹, K. A. Nurumzhánova²

Universidad Toraigúrov, Pavlodar, Kazajstán.

E-mail: ¹anar_is@mail.ru; ²75646100@mail.ru

Abstracto. Introducción. En este artículo se han presentado los resultados de un estudio sobre la problemática actual de utilizar un enfoque transdisciplinario como recurso educativo moderno que contribuya a mejorar la eficiencia y la productividad de los resultados de aprendizaje de los estudiantes a partir del incremento de su actividad cognitiva, determinado por el objetivo de desarrollar habilidades metacognitivas en el proceso educativo.

Objetivo. La finalidad del presente estudio es evaluar la efectividad de utilizar un enfoque transdisciplinario en la creación de contenidos didácticos integrados de disciplinas relacionadas con la física y áreas tecnológicas, como recurso didáctico para el desarrollo del pensamiento ingenieril y técnico en los estudiantes a través de la formación de habilidades metacognitivas.

Методología, métodos y procesos de investigación. La concepción de la investigación del autor consiste en actualizar el principio transdisciplinario a efectos de movilizar y revelar las posibilidades de contenidos y tecnologías para el estudio integrado de disciplinas físicas, matemáticas y técnicas generales para desarrollar metahabilidades en los estudiantes. Al mismo tiempo, asumimos que las metahabilidades técnicas y de ingeniería son un tipo especial de habilidades integradas y a su vez, característica personal integral de cualquier ingeniero, que le permite llevar a cabo actividades profesionales de manera más efectiva en el contexto del desarrollo inminente de nuevas tecnologías, cuando no es el aumento y la actualización del volumen de conocimientos lo que se actualiza, sino el deseo de gestión, comprendiendo el potencial cognitivo a partir de conocimientos transdisciplinarios móviles y un sistema de habilidades especiales conocidos como “meta”, “duras” y “blandas”. Se llevaron a cabo las etapas de comprobación y formación del experimento pedagógico. En la etapa en la que se constata el experimento para evaluar el nivel de desarrollo del pensamiento técnico e ingenieril entre los estudiantes, se desarrolló una lista óptima de criterios básicos como aparato de diagnóstico de criterios, en el que la variable medida es la integridad y el nivel de evaluación de logros educativos obtenidos por los estudiantes al realizar un sistema de tarea de casos constructivistas transdisciplinarios. En la fase formativa del experimento con la participación de 316 estudiantes de diferentes años de estudios en la Universidad Toraiquirov, se evaluó la efectividad del uso de contenidos transdisciplinarios de disciplinas técnicas generales en dos etapas.

Resultados. Los resultados del experimento pedagógico confirmaron la efectividad al hacer uso de un enfoque transdisciplinario para el desarrollo de contenidos didácticos integrados en disciplinas técnicas, físicas y matemáticas generales. En el grupo experimental, en el nivel de desarrollo de las metahabilidades técnicas y de ingeniería entre los estudiantes, se observó la mayor diferencia entre los indicadores del desarrollo de los componentes del pensamiento relacionados con los aspectos de ingeniería (18%) y cognitivos (64%). El enfoque transdisciplinario tiene menos influencia en el aspecto instrumental de la resolución de problemas técnicos; esto demuestra que tanto la formación tradicional como la transdisciplinaria están dirigidas principalmente al desarrollo de habilidades instrumentales. Como resultado de la enseñanza experimental, los futuros ingenieros han aumentado su conciencia cognitiva y motivacional en el proceso de resolución de problemas técnicos.

Novedad científica. Teniendo como base el principio transdisciplinario, se han desarrollado contenidos didácticos integrados de las disciplinas de ingeniería general, se han realizado adiciones en forma de tareas de casos constructivistas que contribuyen al desarrollo de habilidades metacognitivas de los estudiantes, que en su momento, son aplicadas junto con otras habilidades, en la resolución de problemas técnicos, especificándose así, la estructura cognitiva y el contenido del concepto de “pensamiento técnico y de ingeniería”.

Significado práctico. Creadas para su uso en el aprendizaje experimental, las tareas de los talleres de casos son bastante variadas y pueden usarse en el curso práctico de cualquier disciplina física y técnica integrada.

Palabras claves: pensamiento técnico e ingenieril, estrategias de metaaprendizaje, metacognición, habilidades metacognitivas, pensamiento transdisciplinario, recurso didáctico, enfoque de recursos, enfoque transdisciplinario, contenidos didácticos, disciplinas técnicas generales.

Para citas: Iskákova A. B., Nurumzhánova K. A. El enfoque transdisciplinario como recurso orientado al desarrollo de las actividades metacognitivas de los estudiantes al estudiar disciplinas relacionadas con la física y la ingeniería. *Obrazovanie i nauka = Educación y Ciencia.* 2024; 26 (2): 113–139. DOI: 10.17853/1994-5639-2024-2-113-139

Введение

Одним из факторов повышения качества подготовки инженерно-технических кадров является формирование у студентов в процессе обучения не только системы знаний и навыков, но и профессионального инженерно-технического мышления, ядром которого выступают когнитивные метазнания и метанавыки.

В данной статье представлены результаты исследования применения трансдисциплинарного подхода как эффективного дидактического ресурса для развития инженерно-технического мышления у студентов в процессе изучения физико-технических дисциплин. Мы исходили из предположения, что инженерно-техническая деятельность достаточно сложная и требует от специалиста особого технико-конструкторского склада ума и способности к метакогнитивной трансдисциплинарной мыслительной деятельности. В эпоху четвертой индустриальной революции наблюдается лавинообразный рост количества информации и этот рост сопровождается изменением качества информации, изменением ее семантического объема и смысла, что приводит к интенсивной интеграции и обновлению научно-технических знаний. Изменяются, по мнению Э. Ф. Зеера, концептуально-теоретические характеристики образования, такие как нелинейность, избыточность, трансдисциплинарность, адаптивность, открытость [1]. Процессы модернизации технологий требуют от специалистов междисциплинарных метазнаний и твердых навыков, в которых преобладает когнитивный компонент. Об этом же высказывают мысли М. С. Мокий, В. С. Мокий, Т. А. Лукьянова: «В мире происходит усложнение дисциплинарных образов *объектов* и *предметов* исследования, которое является неизбежным в процессе развития познания...» [2, с. 2]. В этих условиях регулятором сложной инженерно-технической деятельности становится метакогнитивная сфера личности инженера. В XXI веке развитие познавательных процессов происходит в когнитивно-конструктивистском русле, на основе развития системы конкретных навыков будущего инженера. Инженерное мышление, как одна из ведущих профессиональных характеристик, была достаточно изучена многими учеными, таких как О. А. Захарова [3], А. Г. Войтов [4], Sh. Waks [5], С. Gaete-Peralta [6]. Инженерное мышление проявляется в современной технологической и технико-конструкторской готовности к деятельности на производстве. В понятие «готовность» к конструктивной деятельности мы вкладываем не только наличие базовых технико-конструкторских знаний и навыков, но и формирование у будущего инженера профессионально-психологических потребностей в современных технологиях. Как правильно заметили российские исследователи Е. Г. Ивашкин, М. Е. Бушуева и другие: «...помимо профессиональных, все более востребованными у работодателей становятся и надпрофессиональные компетенции сотрудников – универсальные метанавыки, важные для специалистов самых разных отраслей...» [7, с. 2]. Метанавыки являются основой универсальных компетентностей и рассматриваются, как ключ к тому, чтобы сделать процесс учения студентов в вузе более эффективным за счет повышения уровня когнитивной осознанности учебного опыта и содержательной интеграции знаний. Стратегия обновления предметного содержания различных дисциплин должна пойти по пути трансдисциплинарного принципа интеграции, а результаты обучения должны быть сформулированы на основе личностных характеристик будущих специалистов.

Метакогнитивные стратегии в обучении направлены на управление учебными действиями с учетом когнитивного потенциала личности. Обучающийся, на основе метанавыков, по утверждению J. H. Flavell [8], способен сам влиять на качество усвоения знаний. J. H. Flavell были выделены три категории факторов: когнитивный потенциал личности обучающегося, конструктивистский потенциал предложенного дидактического контента заданий, дидактический потенциал технологии обучения. При этом в метапознании сохраняется четырехкомпонентная модель: метапознание, метакогнитивный опыт, уровень мышления более высокого порядка, метакогнитивная методическая система, в функции которой входит методическое сопровождение познавательных процессов, задействованных в обучении. Как известно, по В. В. Давыдову развивающее познание имеет трехкомпонентную основу, позволяющую эффективно осваивать содержание разных учебных дисциплин, включая планирование, рефлекссию и анализ [9].

Наше исследование показывает, что трансдисциплинарный подход является одним из современных образовательных ресурсов, способствующих повышению его эффективности и продуктивности на основе когнитивной активности и осознанности, обусловленных метакогнитивными навыками. Именно такой деятельностью, по мнению ученых, исследовавших феномен инженерного мышления, является способность к профессиональному решению различных технических задач.

В результате констатирующего этапа исследования мы пришли к выводу, что инженерное мышление является интегрированным мышлением более высокого уровня и это неотъемлемая личностная профессиональная характеристика инженера, позволяющая осуществлять профессиональную технико-конструкторскую деятельность на основе мобильных междисциплинарных знаний и системы специальных «hard» и «soft» и «мета» навыков. В предыдущих наших исследованиях было отмечено, что инженерное мышление является сложным понятием и состоит из: 1) собственно технического мышления (твердые навыки работы с техническими устройствами); 2) научно-исследовательского мышления (твердые навыки обеспечения новизны и аргументации решения конструкторских задач); 3) конструктивистского мышления (навыки моделирования и решения технических задач на основе проектного подхода); 4) предпринимательского мышления, которое проявляется в когнитивно-экономической субъектности личности специалиста при решении технических задач [10].

Целью исследования является оценка эффективности применения трансдисциплинарного подхода к созданию интегрированного дидактического контента физико-технических дисциплин для развития у студентов инженерно-технического мышления через формирование метакогнитивных навыков. Разрабатываемый дидактический контент физико-технических дисциплин нацелен на развитие системы метакогнитивных навыков, способствующих

повышению осознанности, системности, мотивированности, эффективности формирования всех компонентов инженерно-технического мышления.

Задачи исследования: 1) выявить ресурсные возможности интегрированного дидактического контента изучаемых общетехнических дисциплин; 2) применить конструктивистскую трансдисциплинарную технологию для создания дидактического контента общетехнических дисциплин по формированию метакогнитивных навыков; 3) сформулировать оптимальную систему критериев сформированности метакогнитивных навыков у студентов; 4) апробировать и обобщить в системе педагогического эксперимента разработанные материалы.

Гипотеза: достижение цели исследования эффективного формирования метакогнитивных навыков решения технико-конструкторских задач у студентов возможно, если применить трансдисциплинарный подход к расширению дидактических возможностей содержания физических и физико-технических дисциплин на основе: 1) разработки для обучения трансдисциплинарного дидактического контента изучаемых дисциплин; 2) применения конструктивистской трансдисциплинарной технологии изучения физических и физико-технических дисциплин; 3) верификации на педагогическом эксперименте ресурсных возможностей трансдисциплинарного подхода к развитию у студентов метакогнитивных навыков.

Ограничения исследования: исследование трансдисциплинарного подхода было проведено нами в два этапа. На первом этапе нами была предпринята попытка доказательства возможности использования принципа когерентности для применения трансдисциплинарного подхода в образовании. В методологическом аспекте мы ориентировались на исследования Э. Ф. Зеера, который рассматривает проблему более широко «...Методологической основой трансфессий выступает многомерность, предполагающая трансдисциплинарный синтез знаний из разных наук: естественных, технических, социально-гуманитарных и философских» [1, с. 12]. В данном исследовании мы сознательно ограничили проблему исследования применением и оценкой ресурса трансдисциплинарного подхода к разработке дидактического контента общетехнических дисциплин по формированию готовности будущего инженера к решению технических задач.

Обзор литературы

Задачам формирования, развития и оценки проблем формирования профессиональной готовности к инженерной деятельности на основе системы hard и soft навыков и инженерно-технического мышления у студентов технических специальностей посвящено большое количество исследований, таких как Х. А. Шайхутдинова [11], Е. С. Богдан [12], М. Firmino Torres [13]. Как известно, современной Концепцией стратегии модернизации технического образования являются Инициативы CDIO (Conceive – Design – Implement – Operate). Модель и стандарты Международного проекта «Инициативы CDIO», своевременны и

актуальны, но в процессе практической реализации возникает необходимость конкретизации и интерпретирования Стандартов CDIO к условиям конкретных исследований и образовательных практик. Как было указано выше, основной проблемой нашего исследования стало формулирование условий реализации Стандарта 7 – «Интегрированное обучение», дидактическая цель которого предполагает формирование у студентов не только междисциплинарных интегрированных знаний, но одновременно и развитие их личностных качеств, «мета», «soft» и «hard» навыков.

Специфика и структура инженерно-технического мышления были исследованы Т. В. Кудрявцевым [14], С. С. Янтранова [15], М. В. Кобяковой [16] и другими зарубежными учеными. По мнению О. А. Захарова, «в исследовании феномена инженерно-технического мышления в последнее время наметились два направления. Первое – включает описание внешних проявлений инженерно-технического мышления и его особенностей, второе – психологическое объяснение возникновения механизма личностных особенностей человека ...» [3, с. 78], мы пришли к аналогичному выводу.

Обзор научных исследований по проблеме формирования инженерно-технического мышления у студентов технических специальностей, таких как О. А. Захарова [3], Т. Н. Крисковец [17], М. В. Ковальчук [18], А. Р. Isaev, L. V. Plotnikov [19], О. В. Румянцева [20], М. С. Мокий, В. С. Мокий, Т. А. Лукьянова [2; 21], Б. Н. Гузанов [22], В. А. Тестов, Е. А. Перминов [23], а также многолетний опыт работы на физико-технических факультетах вузов позволил нам выявить и сформулировать следующие проблемы [10]:

1) несмотря на актуальность и высокий интерес ученых к феномену инженерного мышления, в дидактике высшей школы не сформулированы критерии и условия развития инженерно-технического мышления в процессе вузовского обучения;

2) несмотря на необходимость модернизации учебного процесса в вузах в русле формирования профессиональных компетенций и профессионального мышления, трансдисциплинарный подход как образовательный ресурс по формированию инженерно-технического мышления на основе метакогнитивных навыков будущего инженера изучен недостаточно;

3) несмотря на актуальность и востребованность методологии трансдисциплинарной тематики в образовании, существует проблема разработки конкретных трансдисциплинарных технологий обучения, учитывающих интенсивную интеграцию знаний и технологий, характерных для современного этапа.

В научных исследованиях по выявленным проблемам феномен инженерно-технического мышления представляется как сложное системное образование, включающее в себя синтез личностно-когнитивного, технико-конструкторского, технико-технологического, экономического и других видов мышления, а также системы базовых технических знаний, системы мета, soft и hard навыков.

В современной дидактике высшего образования достаточно ярко проявились тенденции к методологическому и междисциплинарному синтезу, что явилось отражением когнитивной интеграции содержания образования и проявлением усложнения технологий научно-технических процессов и информации. Знания становятся сложными системными объектами, к которым применим системно-синергетический подход. Созвучны с нашими результатами исследования выводы российских ученых, специалистов в области трансдисциплинарных исследований М. С. Мокий, В. С. Мокий, Т. А. Лукьянова, которые в своем исследовании пришли к выводу: «...Подходы к познанию мира, которые можно применять к исследованию сложных объектов, представленных в виде систем, следует разделить на четыре группы: системно-дисциплинарные, системно-междисциплинарные, системно-мультидисциплинарные и системно-трансдисциплинарные». «...Системно-трансдисциплинарные подходы предполагают интеграцию дисциплинарных знаний сходных и несходных предметных областей в направлении единого образа объекта исследования» [2, с. 4]. Эти свойства «системно-трансдисциплинарного» подхода позволяют исследователям в области конструктивистской дидактики создавать интегрированный специализированный дидактический контент для формирования у обучаемых исследуемых профессиональных качеств на основе теории множественности интеллекта Г. Гарднера [24]. В эпоху быстрого обновления знаний и технологий инженерно-техническому персоналу различных отраслей производства приходится непрерывно решать сложнейшие технико-конструкторские задачи на основе не только фундаментальных знаний, но и высокого уровня метазнаний и метакогнитивных навыков, составляющих основу инженерно-технического мышления. Учебный опыт будущего инженера должен содержать вызов в форме технико-конструкторской задачи или проблемы, приближенной к реальной жизни. Мета обучение подразумевает активный контроль над познавательными процессами, понимание смысла категории учебных материалов. Как показывает анализ научной литературы, решение проблемы формирования феномена инженерного мышления может быть обеспечен выходом дидактики высшей школы на новое интегративное конвергентное пространство, которое обеспечивается применением трансдисциплинарных принципов отбора интегрированного содержания учебных дисциплин и трансдисциплинарному синтезу технологий и результатов обучения.

При этом в дидактике не решен вопрос о научно-методическом обосновании базовых критериев и условий такого синтеза результатов и технологий обучения в новой конвергентной конструктивистской образовательной среде. Наше исследование показывает, что таким императивом синтеза является метакогнитивный подход к обучению, нацеленный на формирование метанавыков у обучаемых. Следующим этапом является формулирование оптимального перечня метакогнитивных навыков, необходимых для профессионального решения технических задач студентами технических специальностей. Известно, что содержание общетехнических дисциплин по А. А. Вербицкому [25] должно

быть контекстным, по мнению М. Е. Чекулаевой [26], В. В. Ельцова [27] – прикладным и содержать, по нашему мнению, конструктивистские задания [10; 28], включающие реальные задачи и проекты, связанные с компетенциями реальных рабочих мест.

Основной задачей профессиональной деятельности инженера-конструктора или инженера-технолога является решение технических задач по эксплуатации, изобретению, рационализации, конструированию технологических процессов, технических устройств, приборов. Собственно-техническое мышление, характеризующие твердые технические навыки, является когнитивной основой решения технических задач, а также обобщенным методологическим инструментом обобщенного способа реализации результатов решения технических задач. В практической деятельности по содержанию технические задачи делятся на конструкторские и технологические. Технические задачи условно можно подразделить на типовые и творческие.

Контекстные задачи создания контента общетехнических дисциплин предполагают учет специфики технической специальности. Прикладные задачи создания контента требуют, кроме системы знаний, систему конкретных навыков проектирования для реальных профессиональных ситуаций конкретных рабочих мест. Универсальным языком и фундаментальной основой для осуществления инженерно-технической деятельности является физико-математическая и общетехническая подготовка. На наш взгляд, инженерно-техническое мышление является когнитивной базой личности для выполнения профессиональной деятельности. Наше исследование подтверждает то, что уровень профессионального решения технических задач находится в прямой зависимости от уровня сформированности инженерно-технического мышления, обеспечиваемого системой метакогнитивных навыков. В таблице 1 представлены когнитивные критерии и алгоритм действий инженера, применяемых при решении технических задач.

Таблица 1

Критерии инженерно-технического мышления, соответствующие алгоритму действий при профессиональном решении технических задач

Table 1

Criteria of engineering thinking corresponding to the algorithm of actions in the professional solution of engineering tasks

Метанавыки <i>Meta skills</i>	Критерий <i>Criteria</i>	Навыки (hard и soft) <i>Skills (hard u soft)</i>	Действия алгоритма решения технических задач <i>Actions of the algorithm for solving engineering problems</i>
Планирование. Осмысление проекта на основе умозрительных предположений и когнитивного опыта.	1К	Навыки видения противоречий и новых проблем в технической задаче <i>Skills of dealing with contradictions and new problems in an engineering task</i>	1. Определяются внешние и внутренние механизмы и функции проектируемой технической системы <i>The external and internal mechanisms and functions of the designed engineering system are determined;</i>

<p><i>Planning. Understanding the project based on speculative assumptions and cognitive experience.</i> Создание первоначальной принципиальной схемы. <i>Creation of the initial schematic diagram.</i></p>	2К	<p>Навыки видения новой функции технического устройства, объекта <i>Skills of seeing a new function of an engineering device and object</i></p>	<p>2. Проявление технической и организационной гибкости <i>Demonstrating engineering and organisational flexibility;</i></p>
	3К	<p>Навыки прогнозирования результатов нововведений <i>Skills of forecasting the results of innovations</i></p>	<p>3. Профессиональное обозначение, планирование и прогнозирование концептуальных подходов к решению такого класса технических задач на основе</p>
	4К	<p>Навыки анализа технико-конструкторской ситуации с учетом перечня факторов, причин, критериев, формул и прочего <i>Skills of analysing the engineering and design situation, taking into account the list of factors, causes, criteria, formulas and other things</i></p>	<p>трансдисциплинарного, интегрированного мышления <i>Professional designation, planning and forecasting of conceptual approaches to solving this class of engineering problems based on transdisciplinary, integrated thinking;</i> 4. Подбираются механизмы для выполнения этих функций <i>Mechanisms are being selected to perform these functions</i></p>
<p>Мышление и креативность. <i>Thinking and creativity.</i> Управление когнитивным процессом и знаниями на основе эмпатии и перцепции <i>Cognitive process and knowledge management based on empathy and perception</i></p>	5К	<p>Навыки концептуального выбора на основе знаний и умений комбинирования ранее известных и новых способов решения технических проблем <i>Conceptual choice skills based on knowledge and skills of combining previously known and new ways of solving engineering problems</i></p>	<p>1. Поиск решения технической задачи на основе аналитико-математических и специальных технико-конструкторских методов <i>Search for a solution to an engineering problem based on analytical-mathematical and special engineering-design methods;</i></p>
	6К	<p>Навыки научно, многоаспектно и обобщенно мыслить <i>Ability to think scientifically, in a multi-dimensional and generalised way</i></p>	<p>2. Разработка алгоритма решения и исследование его свойства <i>Development of the solution algorithm and investigation of its properties;</i></p>
	7К	<p>Навыки определения структуры и компонентов технического объекта <i>Skills in determining the structure and components of an engineering object</i></p>	<p>3. Реализация алгоритма выполнять эскизы, чертежи, схемы <i>Implementation of the algorithm to perform sketches, drawings, diagrams;</i></p>
	8К	<p>Навыки решения технической задачи и видения альтернативных подходов и путей решения <i>Engineering problem solving skills and vision of alternative approaches and solutions</i></p>	<p>4. Делать различного рода расчеты <i>Do various kinds of calculations;</i></p>
	9К	<p>Навык когнитивной осознанности при решении технической задачи <i>The skill of cognitive awareness in solving an engineering task</i></p>	<p>5. Изготавливать детали и собирать из них техническое устройство или модель, испытывать их в работе и вносить коррективы <i>Make parts and assemble an engineering device or model from them, test them in operation and make adjustments;</i></p>
<p>Когнитивная обучаемость и когнитивная адаптивность на основе базы трансдисциплинарных, физико-математических и общетехнических знаний и переноса когнитивных схем из одной дисциплины в другую</p>	10К	<p>Навыки применения междисциплинарных знаний в практическом проектировании и реализации проекта <i>Skills of applying interdisciplinary knowledge in practical project design and implementation</i></p>	<p>6. Качественный анализ и проверка корректности модели на основе знания баз табличных данных и навык поиска технических характеристик объекта <i>Qualitative analysis and verification of the correctness of the model based on knowledge of tabular databases and the skill of searching for engineering characteristics of the object.</i></p> <p>1. Обследование и изучение объекта (технического устройства) и формулировка технического задания <i>Inspection and study of the object (engineering device) and the formulation of the terms of reference;</i></p>

<i>Cognitive learning and cognitive adaptability based on the base of transdisciplinary, physical-mathematical and general engineering knowledge and the transfer of cognitive schemes from one discipline to another</i>	11K	Навыки накопления знаний, умений и навыков, анализа и транслирования собственного опыта <i>Skills of accumulating knowledge, skills and abilities, analysing and broadcasting your own experience</i>	2. Разработка его спецификации по его названию, назначению устройству, принципу действия, технических условий эксплуатации <i>Development of its specification by its name, purpose of the device, principle of operation, engineering conditions of operation;</i>
	12K	Навыки эффективного использования личностной множественности интеллекта по Гарднеру <i>Skills of effective use of personal multiplicity of intelligence according to Gardner</i>	3. Демонстрация навыков выбора оптимальных математических и вычислительных методов <i>Demonstration of skills in choosing optimal mathematical and computational methods.</i>
Эффективность и устойчивость. <i>Efficiency and sustainability.</i> Повышение когнитивной, инструментальной, конструктивной эффективности метапознания. <i>Improving the cognitive, instrumental, constructive effectiveness of metacognition.</i> Осмысление результатов проекта на основе решения задач повышения устойчивости первоначальной принципиальной схемы и замысла <i>Understanding the results of the project based on solving the problems of increasing the stability of the initial concept and design</i>	13K	Навыки владения современной инженерно-технической терминологией на основе понятийной грамотности инженера <i>Proficiency in modern engineering and engineering terminology based on the conceptual literacy of the engineer</i>	1. Анализ найденного решения по законам развития техники <i>Analysis of the found solution according to the laws of engineering development;</i> 2. Специальная техническая и математическая постановка задачи <i>Special engineering and mathematical formulation of the problem;</i>
	14K	Навыки применения междисциплинарных знаний, необходимых для работы с конкретными техническими устройствами и системами <i>Skills in applying interdisciplinary knowledge required to work with specific engineering devices and systems.</i>	3. Выбор технических характеристик и обоснования технического задания <i>Selection of engineering characteristics and justification of the terms of reference;</i> 4. Конкретизация расчетов задачи <i>Specification of task calculations;</i>
	15K	Навыки проведения различных математических расчетов; навыки выполнять эскизы, чертежи, схемы, делать различного рода модели <i>Skills of performing various mathematical calculations; skills to perform sketches, drawings, diagrams, make various kinds of models</i>	5. Проверка адекватности модели <i>Checking the adequacy of the model;</i> 6. Практическое использование построенной модели <i>Practical use of the constructed model;</i> 7. Техническая система максимально упрощается (свергается) <i>The engineering system is simplified as much as possible (collapses);</i>
	16K	Навыки владения системой контекстных конструкторских решений и методов конструирования <i>Skills in the system of contextual design solutions and design methods</i>	8. Предлагаются новые технические решения <i>New engineering solutions are proposed.</i>
	17K	Навыки выбора и применения математического аппарата и физических знаний на основе понимания физических закономерностей применяемых в техническом устройстве <i>Skills of choosing and applying mathematical apparatus and physical knowledge based on understanding of physical patterns used in a engineering device</i>	

Выявленный оптимальный перечень базовых критериев технического мышления будущего инженера, соответствующий алгоритму его действий при решении технических задач, является достаточно общим, разработанным с целью оптимизации и установления такого сочетания действующих факторов, которые обеспечивают оптимальность решения технических задач без учета специфики отрасли и содержания общетехнических дисциплин. Как мы отме-

чали ранее, современной Концепцией стратегии модернизации технического образования являются Инициативы CDIO (Conceive – Design – Implement – Operate). Разработанный нами перечень критериев соответствует модели «Планировать – Проектировать – Производить – Применять», представленной в данном документе. Все структурные элементы модели ориентированы на последовательное формирование всех видов инженерного мышления, в котором собственно-техническое мышление является одним из его важных основных компонентов. Поэтому выявленный оптимальный перечень базовых критериев алгоритма решения технической задачи не учитывает всей полноты концептуальных, технико-технологических, эксплуатационных характеристик, так как любая техническая задача в современном представлении является самостоятельным проектом. А проектный подход обеспечивается конструктивным компонентом инженерного мышления. Любая техническая задача представляет собой набор конкретных данных и точно поставленный вопрос (проблема, которая требует решения). Для нас важно было обозначить наиболее общий алгоритм действий в деятельности инженера при решении как стандартных, так и нестандартных технических задач. Также отмечаем, что мы сознательно не рассматривали понятие латерального типа мышления, хотя у опытного квалифицированного инженера-конструктора с приобретением опыта этот тип мышления становится ведущим. В деятельности такого ведущего специалиста алгоритм действий при решении технико-конструкторских задач максимально приближен к технологии решения изобретательских задач (ТРИЗ) Г. С. Альтшуллера [29]. ТРИЗ является инструментом решения нестандартных задач ведущих конструкторов и основан на латеральном типе мышления, способствует преодолению психологической инерции при обнаружении технических и физических противоречий.

Методология, материалы и методы

С сентября 2018 года по март 2023 года на базе Торайгыров Университета была проведена система педагогического эксперимента, включающая констатирующий и формирующие этапы по исследованию эффективности применения трансдисциплинарного подхода к формированию различных компонентов инженерно-технического мышления. В 2018 – 2022 г.г. были изучены проблемы формирования предпринимательского компонента технического мышления, а также степень влияния когнитивно-экономической субъектности личности специалиста при решении технических задач. В эксперименте участвовали студенты специальностей «Приборостроение», «Теплоэнергетика» и «Электроэнергетика». В исследованиях этого периода были изучены проблемы развития различных аспектов предпринимательского мышления у студентов технических специальностей. Трансдисциплинарность предполагает диссипативность содержания различных дисциплин и не противоречит принципам метакогнитивного подхода к обучению. Кроме этого нами были сформулированы показатели когнитивного потенциала личности: 1) качество

и уровень познавательных закономерностей (память, мышление, воображение, внимание); 2) способности оперативной переработки информации; 3) продуцирование инновационных идей на основе знаний; 4) креативное мышление; 5) способность изменять традиционную логику или заданный шаблон действий.

В этих же исследованиях были выявлены следующие структурные компоненты предпринимательского мышления, когерирующие с современным физическим мышлением: системность, структурность, логичность, проектность, креативность, парадоксальность, критичность. Также нами были выявлены и сформулированы показатели профессиональных качеств предпринимателей с техническим образованием: 1) когнитивный потенциал, 2) высокая мотивация, 3) широкий кругозор и практико-ориентированные знания, 4) навыки работы в команде, 5) навыки креативного решения профессиональных технических задач, 6) способность к риску, 7) ориентация на успех [10; 28; 30].

С 2022 по 2023 год был проведен второй этап педагогического эксперимента по исследованию эффективности трансдисциплинарного подхода как образовательного ресурса для формирования собственно технической компоненты инженерного мышления. На данном этапе педагогического эксперимента принимали участие студенты, обучаемые по специальности «Приборостроение» (40 респондентов). Основной целью второго этапа педагогического эксперимента было определение и оценка эффективности применения трансдисциплинарного подхода к разработке дидактического контента общетехнических дисциплин по формированию готовности будущего инженера к решению технических задач разного вида и назначения на основе оптимального перечня базовых критериев алгоритма действий и сформулированных нами метакогнитивных навыков (таблица 1). При этом учитывалось, что инженерное мышление – это системное техническое мышление с элементами творческой деятельности, включающее в себя разные смежные типы мышлений, а также высокий уровень общетеоретической фундаментальной и общетехнической подготовки, учитывающей широкие междисциплинарные связи физико-математических и профильных общетехнических дисциплин. Учитывая сложность понятия инженерного мышления, на этом этапе исследования упор был сделан на выделение метакогнитивной основы процесса решения технических задач.

В ходе исследования на основе изучения и анализа различных интерпретаций понятия технического (техничко-конструкторского) мышления мы пришли к выводу о том, что на современном этапе оно претерпело системную трансформацию, учитывающую многокомпонентность ее содержания и структуры. Так выявленные нами действия (шаги) обобщенного алгоритма решения технических задач, например, «концептуальная и математическая постановка задачи, выбор технических характеристик и обоснование технического задания, конкретизация расчетов задачи» (таблица 1), возможных при формировании у будущего инженера следующих «навыков применения

междисциплинарных знаний, необходимых для работы с конкретными техническими устройствами и системами», а также «навыков концептуального выбора на основе комбинирования ранее известных и новых способов решения проблем». Такая кооперация разных видов мышления, порождает новый тип современного когнитивного мышления – трансдисциплинарное мышление. Трансдисциплинарное мышление, по мнению многих ученых, имеет системно-синергетический характер. По мнению И. В. Черниковой, «трансдисциплинарность – это не соседство отдельных дисциплин по той или иной проблеме, ее сущность в кооперации, в результате которой возникает новое системное качество» [31, с. 151]. По методологии трансдисциплинарного подхода к научным исследованиям мы солидарны с Е. А. Солодовой в том, что он предполагает поиск общих закономерностей в развитии любого научного знания и, используя когерентность результатов, усиливает семантический потенциал любого понятия [32].

Для второго этапа исследования в качестве экспериментальной группы (21 чел.) были выбраны обучающиеся по образовательной программе «Приборостроение» в процессе прохождения элективной дисциплины «Физические основы получения информации», а в качестве контрольной группы были выбраны обучающиеся по той же образовательной программе (19 чел.), выбравшие для изучения другую элективную дисциплину «Физические основы измерений». В контрольной группе изучение дисциплины близкой по содержанию и сложности были использованы традиционные методы изучения. В экспериментальной группе обучение было организовано с применением трансдисциплинарного подхода к разработке интегрированного обучающего содержания общетехнических дисциплин. Дидактический материал для педагогического эксперимента в форме 20 кейс-заданий был разработан с целью формирования выявленных нами метакогнитивных навыков, соответствующих 17 критериям сформированности у студентов навыков решения технической задачи. Концептуальной основой дидактических заданий был трансдисциплинарный принцип, позволяющий перенос когнитивных схем (правил изучения) понятий ранее изученных дисциплин, в экспериментальной группе – это физико-математические и общетехнические дисциплины. Конвергенция в результате переноса когнитивных схем изучения в дидактике дает возможность конструирования содержания новых элективных общетехнических дисциплин, в которых интегрируются научные знания и технологии на основе фундаментальных закономерностей развития инженерного мышления.

В статье в качестве примера приведено одно из двадцати заданий, использованных при экспериментальном изучении студентами дисциплины «Физические основы получения информации». Традиционное содержание дисциплины «Физические основы получения информации» состоит из знаний о физических явлениях и законах, эффектах положенных в основу измерительных преобразователей, которые функционируют на достаточно сложном математическом аппарате, и требуют применения компьютерных прикладных

программ. В экспериментальный дидактический контент этой дисциплины мы включили интегрированные задания, составленные таким образом, чтобы в процессе их выполнения у студентов имелась возможность усвоения не только системы традиционных для этой дисциплины знаний, но и усвоения студентами системы метазнаний, а также возможность формирования технической компоненты инженерного мышления.

В качестве примера рассмотрим одно из заданий: «На основе эквивалентной схемы кварцевого резонатора, провести расчет резонансных характеристик пьезоэлемента в форме пластины из цирконат-титаната свинца ЦТС-840 и проанализировать весь процесс, который протекает в электрической цепи. Для этого: а) необходимые физические и линейные характеристики пьезоэлектрического материала ЦТС-840 найти в рекомендуемых технических справочниках; б) выбрать оптимальные математические и вычислительные методы расчета резонансных характеристик пьезоэлемента». Для выполнения задания нами были разработаны следующие методические указания: 1) для того, чтобы проверить правильность расчетов, студенты применяют прикладные программы. На основе эквивалентной схемы кварцевого резонатора на рабочем поле Electronic Workbench собирают схему для испытания пьезоэлемента (рис. 1).

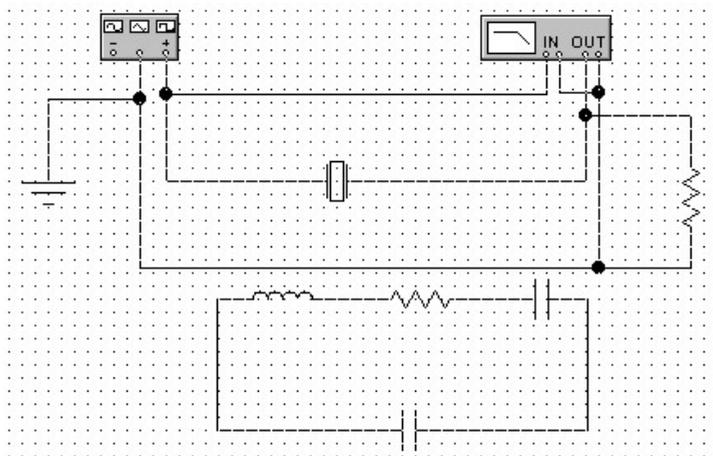


Рис. 1. Эквивалентная схема кварцевого резонатора и схема его испытания

Fig. 1. Equivalent scheme of quartz resonator and its test scheme

2) по полученным данным в программе Electronic Workbench получают амплитудно-частотную характеристику пьезоэлемента и сравнивают значения резонансных частот, полученных при расчете и компьютерном моделировании (рисунок 2). В ходе изучения данного процесса приходят к выводу, что расчетные данные ω_1 и ω_2 , полученные по формулам, практически совпадают с результатами моделирования.

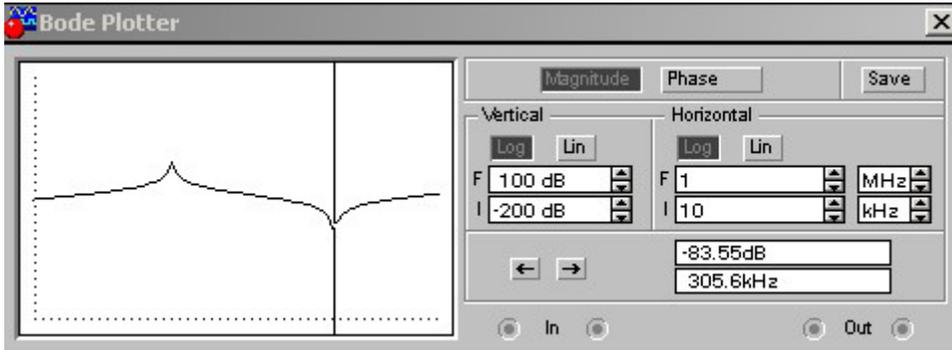


Рис. 2. Амплитудно-частотная характеристика кварцевого резонатора

Fig. 2. Amplitude-frequency response of a quartz resonator

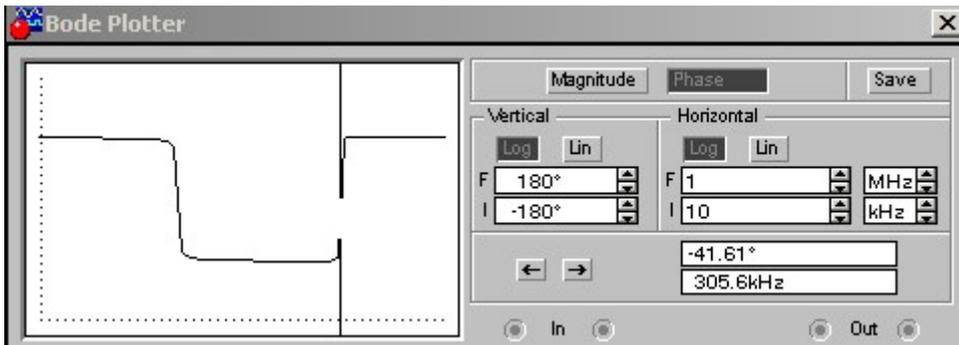


Рис. 3. Фазово-частотная характеристика кварцевого резонатора

Fig. 3. Phase-frequency response of a quartz resonator

3) далее читая графики (рис. 2 и 3), анализируют цикл процессов в электрической цепи, изображенной на рисунке 1. На графике можно увидеть, что на частоте параллельного резонанса (антирезонанса), где наблюдается резонанс токов, электрическая проводимость системы минимальна. На частоте последовательного резонанса, где наблюдается резонанс напряжений, электрическая проводимость максимальна. Согласно рисунку 3 в промежутке между резонансными частотами реактивное сопротивление пьезоэлемента имеет индуктивный характер.

Результаты и их обсуждение

Целью представленного задания является формирование у студентов навыков применения ранее усвоенных знаний. При этом студентам предлагается решение следующей технической задачи: выполнить расчет резонансных

характеристик заданного пьезоэлемента в заданной форме пластины в соответствии с критерием 7. Содержание анализируемого задания имеет интегрированный прикладной характер.

Фактически при выполнении этого задания студент должен продемонстрировать следующие *hard* навыки: 1) навыки проведения расчетов резонансных характеристик конкретного заданного пьезоэлемента; 2) навыки проанализировать и обобщить электромеханические процессы, происходящие в заданном техническом устройстве. При этом он должен продемонстрировать знания по когнитивной схеме изучения технического устройства (заданный пьезоэлемент) из курса физики: название, назначение, устройство, принцип действия, область применения, технические характеристики, понятия резонансных характеристик пьезоэлемента; 3) продемонстрировать понимание роли резонансных характеристик; понимание обоснованности практического применения тех или иных математических методов для конкретных расчетов; 4) навыки объяснения сущности и механизма действия физических эффектов, положенных в основу механизма действия пьезоэлемента. Трансдисциплинарный характер содержания заданий, применяемых в экспериментальном учебном процессе, существенно повысил эффективность решения задачи на уровне – 5, 6, 9, 11, 12, 17 критериев, то есть в области исполнения технического задания. На уровне планирования, проектирования нового видения, прогнозирования (критерии 1, 2, 3, 4, 5) темпы роста эффективности инженерного мышления несколько ниже (рисунок 4). Наиболее высокие результаты (критерии 5, 9, 11, 12, 17; соответственно 70 %, 51 %, 85 %, 90 %, 75 %) при экспериментальном обучении были достигнуты за счет трансдисциплинарного переноса когнитивных схем изучения пререквизитных базовых дисциплин (разделы физики, разделы математики) на процесс изучения общетехнических дисциплин. Кроме этого, данное задание позволило оценить *soft* навыки студента, сопутствующие применению усвоенных знаний по данной теме: 1) демонстрация навыков работы с табличными данными технических и физических характеристик различных материалов; 2) демонстрация навыков выбора оптимальных математических и вычислительных методов; 3) проявление исследовательской прозорливости.

Анализируя опыт применения трансдисциплинарного подхода при изучении общетехнических дисциплин, мы выделили три аспекта в алгоритме решения технических задач: 1) когнитивный аспект решения технических задач, который базируется на психологических закономерностях усвоения комплекса знаний, метазнаний, навыков базовых и общетехнических дисциплин; 2) инструментальный аспект, который базируется на технико-конструкторских навыках применения знаний; 3) конструктивный аспект, который базируется на навыках проектирования, конструирования, реализации и прогнозирования результатов решения технических задач. Диаграммы уровней сформированности инженерно-технического мышления у студентов экспериментальной и контрольной групп по аспектам (в соответствии с оптимальным перечнем

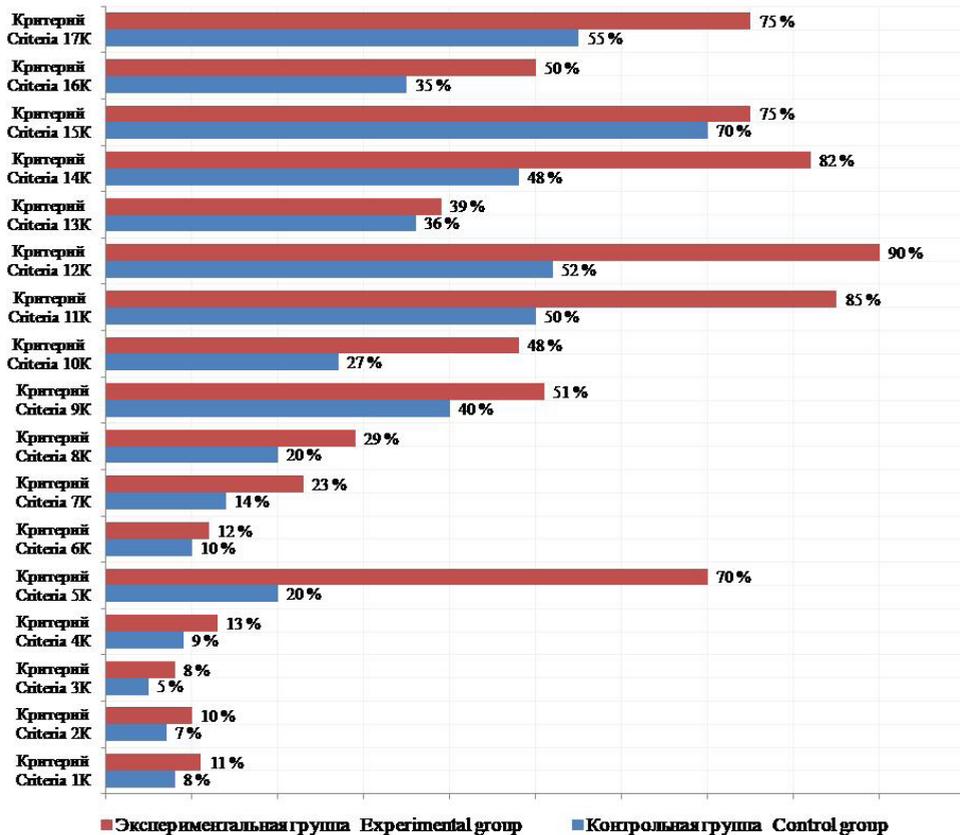


Рис. 4. Результаты оценки сформированности базовых критериев у студентов при изучении общетехнических дисциплин

Fig. 4. The results of the evaluation of the formation of the optimal list of basic criteria for students in the study of general engineering disciplines

базовых критериев) в результате педагогического эксперимента показаны на рисунке 5 и 6.

Для определения результативности применения трансдисциплинарного подхода, как дидактического ресурса и оценки его вклада в результаты формирования инженерно-технического мышления у студентов экспериментальной и контрольной групп по аспектам решения технических задач мы провели сравнительный анализ (таблица 2). Из данных таблицы 2 видно, что применение трансдисциплинарного подхода к разработке дидактического контента общетехнических дисциплин существенно влияет на результативность сформированности инженерно-технического мышления. Так как, в среднем, уровень его сформированности в экспериментальной группе по всем аспектам выше на 15 %. Для оценки вклада трансдисциплинарной технологии на результаты

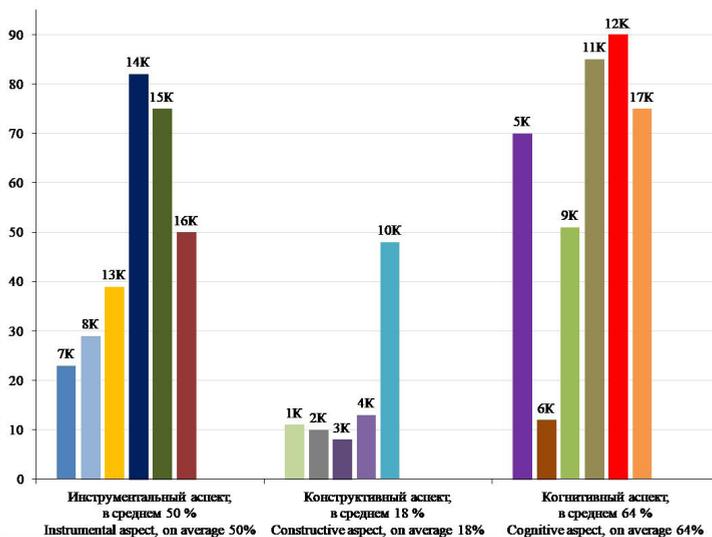


Рис. 5. Диаграмма уровней сформированности инженерно-технического мышления у студентов экспериментальной группы по аспектам

Fig. 5. Diagram of the levels of formation of engineering thinking among students of the experimental group by aspects

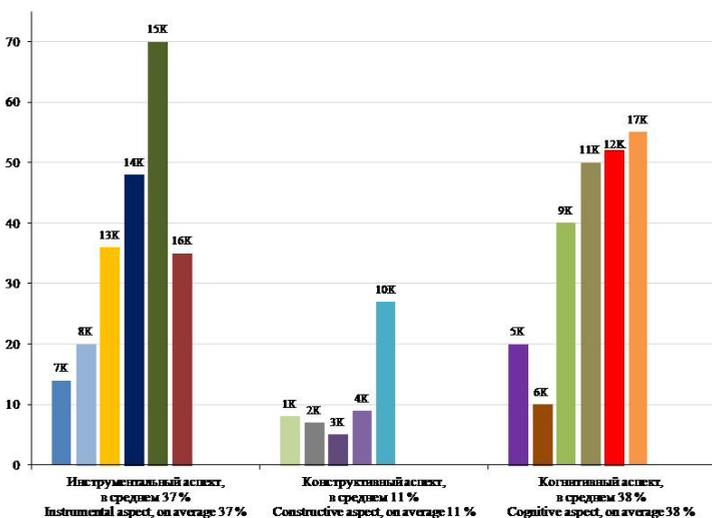


Рис. 6. Диаграмма уровней сформированности инженерно-технического мышления у студентов контрольной группы по аспектам

Fig. 6. Diagram of the levels of formation of engineering thinking among students of the control group by aspects

формирования различных аспектов решения технических задач в исследовании проведен сравнительный анализ процента сформированности инженерно-технического мышления у студентов экспериментальной и контрольной групп. Наибольший вклад в развитие успешности профессионального решения технических задач трансдисциплинарный подход имеет в когнитивном плане. Среднее значение такого вклада обнаружено в инструментальном аспекте. И наименьший вклад был получен в конструктивном аспекте. Полученный результат исследования объективно показывает, что традиционное и трансдисциплинарное обучение нацелены на формирование, прежде всего, инструментальных *hard* навыков. Но применение трансдисциплинарного подхода к дидактическому контенту и технологиям обучения повышает возможность развития мотивационно-потребностного этапа подготовки студентов к решению технико-конструкторских задач на основе сформированности инженерно-технического мышления в когнитивном аспекте.

Таблица 2

Сравнительный анализ уровня сформированности различных аспектов инженерно-технического мышления в экспериментальной и контрольной группах

Table 2

Comparative analysis of the level of formation of various aspects of engineering thinking in experimental and control groups

Аспекты инженерно-технического мышления <i>Aspects of engineering thinking</i>	Процент сформированности в экспериментальной группе <i>Percentage of formation in the experimental group, %</i>	Процент сформированности в контрольной группе <i>Percentage of formation in the control group, %</i>	Разница <i>Difference, %</i>
Инструментальный <i>Instrumental</i>	50	37	12
Конструктивный <i>Constructive</i>	18	11	7
Когнитивный <i>Cognitive</i>	64	38	26

Заключение

В результате исследования мы убедились в том, что трансдисциплинарный подход к изучению общетехнических дисциплин в инженерно-техническом образовании является достаточно эффективным образовательным ресурсом. В основном, трансдисциплинарный подход служит для мобилизации потенциальных возможностей дидактического контента физико-математических и общетехнических дисциплин на основе привлечения когнитивных особенностей пререквизитных и текущих изучаемых дисциплин для создания интегрированного специализированного контента.

Ресурсный подход является одним из аспектов системного подхода, в котором для изучения системного объекта выделяется не структура элементов, а функциональные или критериальные дидактические возможности изучае-

мого контента дисциплины. В нашем исследовании, разработанный нами перечень базовых критериев, опирается на функциональный алгоритм действий успешного профессионального решения технических задач.

Трансдисциплинарный принцип в современной дидактике выполняет функцию (по Аристотелю) воспроизводства мыслительного процесса, помогающего исследователю в категоризации интегрированных суждений, понятий, результатов деятельности. Процессы научного осознания и категоризации в деятельности неразрывно связаны с метамышлением. В осуществлении любой сложной деятельности ресурс мышления является основополагающим. Мышление в любой деятельности влияет на когнитивный уровень результатов. Высокий когнитивный уровень указывает на осознанность знание-ориентированный характер практических действий инженера-конструктора при решении технических задач. Подтвердилась гипотеза о том, что инженерно-техническая деятельность достаточно сложная и требует от специалиста особого технико-конструкторского склада ума и способности к метакогнитивной трансдисциплинарной мыслительной деятельности. Таким образом, нами в результате исследования доказана детерминированность успешности инженерно-технической деятельности специалиста уровню метакогнитивных навыков и инженерно-технического мышления у студентов в процессе обучения.

Список использованных источников

1. Зеер Э. Ф., Сыманюк Э. Э. Методологические ориентиры развития транспрофессионализма педагогов профессионального образования // Образование и наука. 2017. Т. 19, № 8. С. 9–28. DOI: 10.17853/1994-5639-2017-8-9-28

2. Мокий М. С., Мокий В. С., Лукьянова Т. А. Классификация системных подходов – основа решения сложных многофакторных проблем общества, науки и техники [Электрон. ресурс] // Universitas: Общественные науки: электрон. научн. журн. 2016. Т. 30, № 12. С. 1–7. Режим доступа: <http://7universum.com/ru/social/archive/item/4090> (дата обращения: 10.07.2023).

3. Захарова О. А., Черкесова Л. В., Акишин Б. А., Богданова Н. Ю., Манаенкова О. Н. Феномен инженерного мышления и роль современного технического образования в подготовке инженера мирового уровня [Электрон. ресурс] // Мир образования – образование в мире. 2016. Т. 62, № 3. С. 77–81. Режим доступа: <https://rucont.ru/efd/627443> (дата обращения: 10.07.2023)

4. Войтов А. Г. Инженерное мышление? [Электрон. ресурс] // Материалы научно-практической конференции «Инженерное мышление: особенности и технологии воспроизводства», 27 ноября 2018 г. Екатеринбург: Деловая книга, 2018. С. 55–59. Режим доступа: https://philos-urgi.urfu.ru/file-admin/user_upload/site_15519/Inzhenernoe_myshlenie._Osobennosti_i_tekhnologii_vosproizvodstva..pdf (дата обращения: 10.07.2023).

5. Waks Sh., Trotskovsky E., Sabag N., Hazzan O. Engineering thinking: The experts' perspective // International Journal of Engineering Education. 2011. Vol. 27, № 4. P. 838–851. Available from: https://www.researchgate.net/publication/260980041_Engineering_Thinking_The_Expert_%27s_Perspective (date of access: 10.07.2023).

6. Gaete-Peralta C., Huincahue J. Thinking styles and engineering: proposals for strengthening the professional training of engineers through physics courses // Journal of Physics: Conference Series. VII International Conference Days of Applied Mathematics 4-6 November 2020. San Jose de Cucuta, Colombia: IOP Publishing, 2020. p. 1-6. DOI: 10.1088/1742-6596/1702/1/012020

7. Ивашкин Е. Г., Бушуева М. Е., Лухманова Т. В. Предпрофессиональная подготовка будущих инженеров [Электрон. ресурс] // Современные проблемы науки и образования. 2015. Т. 1. № 1. С. 1–8. Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=19011> (дата обращения: 10.07.2023).
8. Flavell J. H. Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry // *American Psychologist*. 1979. Vol. 34, № 10. P. 906–911. DOI: 10.1037/0003-066X.34.10.906
9. Давыдов В. В. Теория развивающего обучения. Москва: ИНТОР, 1996. 544 с. Режим доступа: <https://psychlib.ru/inc/absid.php?absid=9298> (дата обращения: 10.07.2023).
10. Искакова А. Б., Ахметова Г. К., Каирбаева А. К., Досанов Т. С., Зейтова Ш. С., Нурумжанова К. А. Оценка эффективности развития когнитивно-экономической субъектности личности при формировании положительной мотивации к предпринимательскому делу // *Science for Education Today*. 2022. Т. 12, № 5. С. 162–184. DOI: 10.15293/2658-6762.2205.09
11. Шайхутдинова Х. А. Формирование soft skills в процессе подготовки студентов к успешной профессиональной деятельности [Электрон. ресурс] // Поволжский педагогический вестник. 2020. Т. 8, № 2 (27). С. 99–106. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44141331> (дата обращения: 10.07.2023).
12. Богдан Е. С. Развитие soft skills как важный компонент формирования компетенций конкурентоспособных выпускников инженерных направлений [Электрон. ресурс] // Вестник Евразийской науки. 2019. Т. 11, № 3. Режим доступа: <https://esj.today/PDF/24ECVN319.pdf> (дата обращения: 10.07.2023).
13. Firmino Torres M., Flores N., Torres R. Fostering soft and hard skills for innovation among informatics engineering students // *Journal of Innovation Management*. 2020. Vol. 8, № 1. P. 20–29. DOI: 10.24840/2183-0606_008.001_0004
14. Кудрявцев Т. В. Психология технического мышления. Москва: Педагогика, 1975. 304 с. Режим доступа: <https://www.klex.ru/1sjy> (дата обращения: 10.07.2023).
15. Янтранова С. С. Формирование интеллектуальных умений студентов естественнонаучного направления в процессе обучения математике [Электрон. ресурс] // Вестник БГУ. 2010. № 15. С. 132–135. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-intellektualnyh-umeniy-studentov-estestvennonauchnogo-napravleniya-v-protssesse-obucheniya-matematike> (дата обращения: 10.07.2023).
16. Кобякова М. В. Определение уровня развития технологического мышления студентов технического учебного заведения [Электрон. ресурс] // Вестник ТГПУ. 2012. Т. 126, № 11. С. 103–107. Режим доступа: <https://vestnik.tspu.edu.ru/archive?year=2012&issue=11&format=html> (дата обращения: 10.07.2023).
17. Крисковец Т. Н. Развитие инженерного мышления студента в процессе обучения иностранным языкам в вузе // Педагогика. Вопросы теории и практики. 2020. Т. 5, № 3. С. 375–381. DOI: 10.30853/pedagogy.2020.3.18
18. Ковальчук М. В. Некоторые аспекты формирования инженерного мышления [Электрон. ресурс] // Вестник ВДУ. 2018. Т. 100, № 3. С. 94–98. Режим доступа: <https://journals.vsu.by/index.php/vestnikvdu/issue/view/18> (дата обращения: 10.07.2023).
19. Isaev A. P., Plotnikov L. V. Technology for training creative graduates in engineering bachelor's programs // *Higher Education in Russia*. 2019. Vol. 28, № 7. P. 85–93. DOI: 10.31992/0869-3617-2019-28-7-85-93
20. Румянцева О. В. Исследования soft skills в высшем образовании: топ-100 в международной базе Scopus // Интеграция образования. 2021. Т. 25, № 4. С. 593–607. DOI: 10.15507/1991-9468.105.025.202104.593-607
21. Мокий В. С., Лукьянова Т. А. Трансдисциплинарность: стереотипы, подходы и направления [Электрон. ресурс] // *Universum: общественные науки: электрон. научн. журн*. 2021. Т. 72, № 3. С. 1–13. Режим доступа: <https://7universum.com/ru/social/archive/item/11358> (дата обращения: 10.07.2023).

22. Гузанов Б. Н., Баранова А. А., Звонарева И. А. Трансдисциплинарный подход при формировании навыков самореализации в процессе подготовки магистров [Электрон. ресурс] // Мир науки, культуры, образования. 2020. Т. 82, № 5. С. 188–190. Режим доступа: <http://amnko.ru/index.php/russian/journals/> (дата обращения: 10.07.2023).

23. Тестов В. А., Перминов Е. А. Роль математики в трансдисциплинарности содержания современного образования // Образование и наука. 2021. Т. 23, № 3. С. 11–34. DOI: 10.17853/1994-5639-2021-3-11-34

24. Гарднер Г. Структура разума: теория множественного интеллекта: пер. с англ. Москва: ООО «И.Д. Вильямс», 2007. 512 с. Режим доступа: <https://www.klex.ru/dri> (дата обращения: 10.07.2023).

25. Вербицкий А. А. Контекстное обучение в компетентностном подходе [Электрон. ресурс] // Высшее образование в России. 2006. № 11. С. 39–46. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/kontekstnoe-obuchenie-v-kompetentnostnom-podhode-1> (дата обращения: 10.07.2023).

26. Чекулаева М. Е., Сидорова Н. В. Развитие инженерного мышления учащихся путем привлечения их к составлению прикладных задач [Электрон. ресурс] // Вестник науки и образования. 2020. Т. 90, № 12. С. 61–65. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43083972> (дата обращения: 10.07.2023).

27. Ельцов В. В., Почекуев Е. Н., Скрипачев А. В. Опыт формирования инженерного мышления выпускников института машиностроения в ТГУ [Электрон. ресурс] // Инженерное образование. 2014. № 15. С. 239–245. Режим доступа: <https://aeer.ru/ru/magazine15.htm> (дата обращения: 10.07.2023).

28. Нурумжанова К. А., Исакова А. Б., Каирбаева А. К. Развитие предпринимательского мышления студентов технических специальностей на основе применения трансдисциплинарного дидактического контента спецкурса по физике // Перспективы науки и образования. 2022. Т. 58, № 4. С. 225–242. DOI: 10.32744/pse.2022.4.14

29. Альтшуллер Г. Найти идею: Введение в ТРИЗ – теорию решения изобретательских задач. Москва: Альпина Паблишерз, 2011. 400 с.

30. Исакова А. Б., Нурумжанова К. А., Джарасова Г. С. Формирование у студентов технических специальностей вуза предпринимательского мышления в процессе обучения физике [Электрон. ресурс] // Вестник казахского национального женского педагогического университета. 2020. Т. 84, № 4. С. 8–15. Режим доступа: <https://vestnik.kazmkpu.kz/jour/article/view/282> (дата обращения: 10.07.2023).

31. Черникова И. В. Мышление в аспекте трансдисциплинарных исследований // Бюллетень сибирской медицины. 2014. Т. 13, № 4. С. 149–155. DOI: 10.20538/1682-0363-2014-4-149-155

32. Солодова Е. А. Методология формирования современного синергетического мировоззрения студентов на основе трансдисциплинарного подхода // Образование и наука. 2014. № 2. С. 3–17. DOI: 10.17853/1994-5639-2014-2-3-17

References

1. Zeer E. F., Symaniuk E. E. Methodological guidelines for the transprofessionalism development among vocational educators. *Obrazovanie i nauka = The Education and Science Journal*. 2017; 8 (19): 9–28. DOI: 10.17853/1994-5639-2017-8-9-28 (In Russ.)

2. Mokiy M. S., Mokiy V. S., Lukianova T. A. The classification of systematic approaches – the solution basis of complex and multiple problems of society, science and technology. *Universum: obshchestvennye nauki = Universum: Social Sciences* [Internet]. 2016 [cited 2023 Jul 10]; 30 (12): 1–7. Available from: <http://Tuniversum.com/ru/social/archive/item/4090> (In Russ.)

3. Zakharova O. A., Cherkesova L. V., Akishin B. A., Bogdanova N. Yu., Manaenkova O. N. The phenomenon of engineering thinking and the role of modern technical education in training a world-class engineer. *Mir obrazovania – obrazovanie v mire = The World of Education – Education in the World* [Internet]. 2016 [cited 2023 Jul 10]; 62 (3): 77–81. Available from: <https://rucont.ru/efd/627443> (In Russ.)

4. Voytov A. G. Engineering thinking? [Internet]. In: *“Inzhenernoe myshlenie: osobennosti i tekhnologii vosпроизводства”*. *Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii = Engineering Thinking: Features and Technologies of Reproduction. Materials of Scientific and Practical Conference* [Internet]; Ekaterinburg; 2018. Ekaterinburg: Publishing House Delovaya kniga; 2018 [cited 2023 Jul 10]; p. 55–59. Available from: https://philos-urgi.urfu.ru/fileadmin/user_upload/site_15519/Inzhenernoe_myshlenie._Osobennosti_i_tekhnologii_vosпроизводства..pdf (In Russ.)

5. Waks Sh., Trotskovsky E., Sabag N., Hazzan O. Engineering thinking: The experts' perspective. *International Journal of Engineering Education* [Internet]. 2011 [cited 2023 Jul 10]; 27 (4): 838–851. Available from: https://www.researchgate.net/publication/260980041_Engineering_Thinking_The_Expert%27s_Perspective

6. Gaete-Peralta C., Huincahue J. Thinking styles and engineering: Proposals for strengthening the professional training of engineers through physics courses. In: *VII International Conference Days of Applied Mathematics. Journal of Physics: Conference Series*; 2020; San Jose de Cucuta, Colombia. San Jose de Cucuta, Colombia: IOP Publishing; 2020. p. 1–6. DOI: 10.1088/1742-6596/1702/1/012020

7. Ivashkin Y. G., Bushueva M. Y., Luhmanova T. V. Preoccupational training of future engineers. *Sovremennye problem nauki i obrazovaniya = Modern Problems of Science and Education* [Internet]. 2015 [cited 2023 Jul 10]; 1 (1): 1–8. Available from: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=19011> (In Russ.)

8. Flavell J. H. Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*. 1979; 34 (10): 906–911. DOI: 10.1037/0003-066X.34.10.906

9. Davydov V. V. *Teoriya razvivayushchego obucheniya = Developmental learning theory* [Internet]. Moscow: Publishing House INTOR; 1996 [cited 2023 Jul 10]. 544 p. Available from: <https://psychlib.ru/inc/absid.php?absid=9298> (In Russ.)

10. Iskakova A. B., Akhmetova G. K., Kairbayeva A. K., Dossanov T. S., Zeitova Sh. S., Nurumzhanova K. A. Cognitive-economic subjectivity of individual's development in the formation. *Science for Education Today*. 2022; 12 (5): 162–184. DOI: 10.15293/2658-6762.2205.09 (In Russ.)

11. Shaykhutdinova H. A. Sharpening soft skills in training students for efficient teaching. *Povolzhskiy pedagogicheskiy vestnik = Volga Pedagogical Bulletin* [Internet]. 2020 [cited 2023 Jul 10]; 8 (2 (27)): 99–106. Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44141331> (In Russ.)

12. Bogdan E. S. The development of soft skills as an important component of forming competencies of competitive graduates in the field of engineering. *Vestnik Yevraziyskoy nauki = The Eurasian Scientific Journal* [Internet]. 2019 [cited 2023 Jul 10]; 11 (3): 1–8. Available from: <https://esj.today/PDF/24ECVN319.pdf> (In Russ.)

13. Firmino Torres M., Flores N., Torres R. Fostering soft and hard skills for innovation among informatics engineering students. *Journal of Innovation Management*. 2020; 8 (1): 20–29. DOI: 10.24840/2183-0606_008.001_0004

14. Kudryavtsev T. V. *Psikhologiya tekhnicheskogo myshleniya = Psychology of technical thinking* [Internet]. Moscow: Publishing House Pedagogika; 1975 [cited 2023 Jul 10]. 304 p. Available from: <https://www.klex.ru/1sly> (In Russ.)

15. Yantranova S. S. The formation of intellectual abilities of students, studying natural sciences, in the process of teaching mathematics. *Vestnik Brjanskogo gosudarstvennogo universiteta = The Bryansk State University Herald* [Internet]. 2010 [cited 2023 Jul 10]; 15: 132–135. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-intellektualnyh-umeniy-studentov-estestvennonauchnogo-napravleniya-v-protse-ss-obucheniya-matematike> (In Russ.)

16. Kobyakova M. V. Identification of the level of the thinking development of technical school students. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta = Tomsk State Pedagogical University Bulletin* [Internet]. 2012 [cited 2023 Jul 10]; 126 (11): 103–107. Available from: <https://vestnik.tspu.edu.ru/archive?year=2012&issue=11&format=html> (In Russ.)

17. Kriskovets T. N. Development Higher Scholl Student's Engineering Thinking in the process of Foreign Languages Teaching. *Pedagogika. Voprosy teorii i praktiki = Pedagogy. Theory & Practice*. 2020; 5 (3): 375–381. DOI: 10.30853/pedagogy.2020.3.18 (In Russ.)

18. Kovalchuk M. V. Some Aspects of Shaping Engineering Thinking. *Вестник Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта = Bulletin of Vitebsk State University* [Internet]. 2018 [cited 2023 Jul 10]; 100 (3): 94–98. Available from: <https://journals.vsu.by/index.php/vestnikvgu/issue/view/18> (In Russ.)

19. Isaev A. P., Plotnikov L. V. Technology for training creative graduates in engineering bachelor's programs. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. 2019; 28 (7): 85–93. DOI: 10.31992/0869-3617-2019-28-7-85-93 (In Russ.)

20. Rumiantseva O. V. Soft skills research in higher education: Top 100 Scopus-indexed publications. *Integratsiya obrazovania = Integration of Education*. 2021; 25 (4): 593–607. DOI: 10.15507/1991-9468.105.025.202104.593-607 (In Russ.)

21. Mokiy V. S., Lukianova T. A. Transdisciplinarity: stereotypes, approaches and trends. *Universum: obshchestvennye nauki = Universum: Social Sciences* [Internet]. 2021 [cited 2023 Jul 10]; 72 (3): 1–13. Available from: <https://7universum.com/ru/social/archive/item/11358> (In Russ.)

22. Guzanov B. N., Baranova A. A., Zvonareva I. A. Transdisciplinary approach in the formation of self-realization skills in the process of training master students. *Mir nauki, kultury, obrazovania = The World of Science, Culture, Education* [Internet]. 2020 [cited 2023 Jul 10]; 82 (5): 188–190. Available from: <http://amnko.ru/index.php/russian/journals/> (In Russ.)

23. Testov V. A., Perminov E. A. The role of mathematics in transdisciplinarity content of modern education. *Obrazovanie i nauka = The Education and Science Journal*. 2021; 23 (3): 11–34. DOI: 10.17853/1994-5639-2021-3-11-34 (In Russ.)

24. Gardner G. *Struktura razuma: teoriya mnozhestvennogo intellekta = The structure of the mind: The theory of multiple intelligences* [Internet]. Moscow: Publishing House "I. D. William"; 2007 [cited 2023 Jul 10]. 512 p. Available from: <https://www.klex.ru/dri> (In Russ.)

25. Verbitskiy A. A. Contextual learning in a competency-based approach. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia* [Internet]. 2006 [cited 2023 Jul 10]; 11: 39–46. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/kontekstnoe-obuchenie-v-kompetentnostnom-podhode-1> (In Russ.)

26. Chekulaeva M. E., Sidorova N. V. The development of engineering thinking of students by involving them in the compilation of applied tasks. *Vestnik nauki i obrazovaniya = Bulletin of Science and Education* [Internet]. 2020 [cited 2023 Jul 10]; 90 (12): 61–65. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43083972> (In Russ.)

27. Eltsov V. V., Pochekuev E. N., Skripachev A. V. Experience in the formation of engineering thinking of graduates of the Institute of Mechanical Engineering at TSU. *Inzhenernoe obrazovanie = Engineering Education* [Internet]. 2014 [cited 2023 Jul 10]; 15: 239–245. Available from: <https://aeer.ru/ru/magazine15.htm> (In Russ.)

28. Nurumzhanova K. A., Iskakova A. B., Kairbayeva A. K. Development of entrepreneurial thinking of students of technical specialties based on the use of transdisciplinary didactic content of a special course in physics. *Perspektivy nauki i obrazovania = Perspectives of Science and Education*. 2022; 58 (4): 225–242. DOI: 10.32744/pse.2022.4.14 (In Russ.)

29. Altshuller G. *Nayti ideyu: Vvedenie v TRIZ – teoriyu resheniya izobretatelskikh zadach = Find an idea: Introduction to TRIZ – theory of inventive problem solving*. Moscow: Publishing House Al'pina Publisherz; 2011. 400 p. (In Russ.)

30. Iskakova A. B., Nurumzhanova K. A., Jarassova G. S. The formation of entrepreneurial skills for students of technical majors at teaching physics. *Vestnik kazakhskogo natsionalnogo zhenskogo pedagogicheskogo universiteta = Bulletin of Kazakh National Women's Teacher Training University* [Internet]. 2020 [cited 2023 Jul 10]; 84 (4): 8–15. Available from: <https://vestnik.kazmkpu.kz/jour/article/view/282> (In Russ.)

31. Chernikova I. V. *Myshlenie v aspekte transdistsiplinarnykh issledovaniy = Thought in the aspect of transdisciplinary research*. *Byulleten sibirskoy meditsiny = Bulletin of Siberian Medicine*. 2014; 13 (4): 149–155. DOI: 10.20538/1682-0363-2014-4-149-155 (In Russ.)

32. Solodova Y. A. The methodology of students' synergetic world outlook development based on the trans-disciplinary approach. *Obrazovanie i nauka = The Education and Science Journal*. 2014; 2: 3–17. DOI: 10.17853/1994-5639-2014-2-3-17 (In Russ.)

Информация об авторах:

Искакова Анаргуль Батырбаевна – PhD, ассоциированный профессор кафедры физики, математики и приборостроения, Торайгыров Университет; ORCID 0000-0003-2142-8949; Павлодар, Казахстан. E-mail: anar_is@mail.ru

Нурумжанова Куляш Алдонгаровна – доктор педагогических наук, ассоциированный профессор кафедры физики, математики и приборостроения, Торайгыров Университет; ORCID 0000-0001-7071-412X; Павлодар, Казахстан. E-mail: 75646100@mail.ru

Вклад соавторов. Авторы внесли равный вклад в исследовательскую работу.

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

Статья поступила в редакцию 09.07.2023; поступила после рецензирования 28.12.2023; принята к публикации 10.01.2024.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Information about the authors:

Anargul B. Iskakova – PhD, Associate Professor, Department of Physics, Mathematics and Instrument Making, Toraighyrov University; ORCID 0000-0003-2142-8949; Pavlodar, Kazakhstan. E-mail: anar_is@mail.ru

Kulyash A. Nurumzhanova – Dr. Sci. (Education), Associate Professor, Department of Physics, Mathematics and Instrument Making, Toraighyrov University; ORCID 0000-0001-7071-412X; Pavlodar, Kazakhstan. E-mail: 75646100@mail.ru

Contribution of the authors. The contribution of the authors is equal.

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

Received 09.07.2023; revised 28.12.2023; accepted for publication 10.01.2024.

The authors have read and approved the final manuscript.

Información sobre los autores:

Anargul Batırbaevna Iskáková: PhD, Profesora Asociada del Departamento de Física, Matemáticas e Instrumentación, Universidad Toraigüirov; ORCID 0000-0003-2142-8949; Pavlodar, Kazajstán. Correo electrónico: anar_is@mail.ru

Kulyash Aldongarovna Nurumzhánova: Doctora en Ciencias de la Pedagogía, Profesora Asociada del Departamento de Física, Matemáticas e Instrumentación, Universidad Toraigüirov; ORCID 0000-0001-7071-412X; Pavlodar, Kazajstán. Correo electrónico: 75646100@mail.ru

Contribución de coautoría. Los autores aportaron una contribución igual para la preparación del artículo.

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

El artículo fue recibido por los editores el 09/07/2023; recepción efectuada después de la revisión el 28/12/2023; aceptado para su publicación 10/01/2024.

Los autores leyeron y aprobaron la versión final del manuscrito.