

Инженерная деятельность и инженерное мышление в контексте экспансии искусственного интеллекта

Научная статья

DOI: 10.31992/0869-3617-2024-33-6-9-27

Шейнбаум Виктор Соломонович – канд. техн. наук, профессор, советник ректора, ORCID: 0000-0002-4932-3324, shvs@gubkin.ru

РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, Москва, Россия

Адрес: 119991, Москва, Ленинский пр-кт, 65

Никольский Владимир Святославович – д-р филос. наук, профессор, гл. редактор журнала «Высшее образование в России», SPIN-code: 7196-8065, ORCID: 0000-0002-4290-1443, v.s.nikolskij@mospolytech.ru

Московский политехнический университет, Москва, Россия

Адрес: 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, 38

***Аннотация.** В академической печати всё активнее обсуждается тема влияния технологий искусственного интеллекта (ИИ) на образование и науку. Внимание исследователей привлекают не только прикладные аспекты применения ИИ-технологий, но и вопросы онтологических оснований деятельности, которые трансформируются под воздействием новых технологий. Однако вопросы влияния ИИ-технологий на инженерную деятельность, инженерное мышление и, соответственно, на инженерное образование не находят достаточного отражения в академических публикациях. Кроме этого, аспекты, связанные с широким распространением искусственного интеллекта, как в профессиональной деятельности, так и в повседневной жизни также остаются недостаточно изученными.*

В статье предложены тезисы и соответствующая аргументация, проясняющие принципиальные изменения, происходящие в инженерной деятельности и инженерном мышлении, в контексте экспансии технологий искусственного интеллекта. Инженерная деятельность представлена в качестве системы деятельности, не тождественной деятельности отдельных инженеров. Предложена дефиниция инженерной деятельности, раскрывающая её сущность через целеполагание, а именно решение проблем человека и общества. Обосновывается неинструментальный подход к трактовке техники, базирующийся на технологиях ИИ, в рамках которого искусственный интеллект предстаёт партнёром в инженерной деятельности. Наконец, инженерное мышление дополняется опережающим и ответственным мышлением.

Статья вносит вклад в академическую дискуссию о специфике инженерной деятельности и инженерного мышления на современном этапе.

Ключевые слова: инженерная деятельность, инженерное мышление, инженерное образование, искусственный интеллект

Для цитирования: Шейнбаум В.С., Никольский В.С. Инженерная деятельность и инженерное мышление в контексте экспансии искусственного интеллекта // Высшее образование в России. 2024. Т. 33. № 6. С. 9–27. DOI: 10.31992/0869-3617-2024-33-6-9-27

Engineering Activity and Engineering Thinking in the Context of Artificial Intelligence Expansion

Original article

DOI: 10.31992/0869-3617-2024-33-6-9-27

Viktor S. Sheinbaum – Cand. Sci. (Engineering), Professor, ORCID: 0000-0002-4932-3324, shvs@gubkin.ru

Gubkin Russian State University of Oil and Gas, Moscow, Russian Federation

Address: 65 Leninsky ave., Moscow, 119991, Russia

Vladimir S. Nikolskiy – Dr. Sci. (Philosophy), Professor, Chief Editor of the Journal of “Higher Education in Russia”, SPIN-code: 7196-8065, ORCID: 0000-0002-4290-1443, v.s.nikolskij@mospolytech.ru

Moscow State Polytechnic University, Moscow, Russian Federation

Address: 38 B. Semenovskaya str., Moscow, 107023, Russian Federation

Abstract. The academic press is increasingly discussing the impact of Artificial Intelligence (AI) technologies on education and science. Researchers pay attention not only to the applied aspects of the use of AI technologies, but also to the issues of the ontological foundations of activity that are being transformed under the influence of new technologies. However, the issues of the impact of AI technologies on engineering activity, engineering thinking and, consequently, on engineering education are not sufficiently reflected in academic publications. Moreover, the aspects related to the widespread use of artificial intelligence, both in professional activities and in everyday life, remain insufficiently studied.

The article proposes theses and corresponding arguments that clarify the fundamental changes occurring in engineering activity and engineering thinking in the context of the expansion of artificial intelligence technologies. Engineering activity is presented as a system that is not identical to the activity of individual engineers. A definition of engineering activity is proposed, which reveals its essence through its goal of solving human and societal problems. A non-instrumental approach to the interpretation of engineering based on AI technologies is substantiated, within which artificial intelligence appears as a partner in engineering activity. Finally, engineering thinking is complemented by anticipatory and responsible thinking.

The article is a contribution to the academic discussion on the specifics of engineering activity and engineering thinking at the present stage.

Keywords: engineering activity, engineering thinking, engineering education, artificial intelligence

Cite as: Sheinbaum, V.S., Nikolskiy, V.S. (2024). Engineering Activity and Engineering Thinking in the Context of Artificial Intelligence Expansion. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 33, no. 6, pp. 9–27, doi: 10.31992/0869-3617-2024-33-6-9-27 (In Russ., abstract in Eng.).

Введение

Инженерное образование как тема исследований характеризуется устойчиво высоким дискуссионным накалом на протяжении десятилетий. Достаточно сказать, что в журнале «Высшее образование в России» эта тема по числу публикаций является бесспорным лидером за более чем 30-летнюю историю¹. В рамках этой темы можно проследить некоторую эволюцию дискуссии от вопросов гуманизации и гуманитаризации до методологии инженерной педагогики и подготовки соответствующих кадров [1; 2]. Так, в контексте дискуссии о гуманитаризации инженерного образования и гуманизации инженерной деятельности обосновывается социальное измерение инженерного труда и необходимость соответствующей трансформации инженерного образования [3]. В последние годы в академической печати преобладают публикации, посвящённые прикладным аспектам инженерного образования [4]. И одновременно на повестке дня развития инженерного образования одними из наиболее актуальных стали вопросы о его новой парадигме [5], отвечающей вызовам со стороны ИИ-технологий [6], об усилении включённости инженерного мышления в контекст гуманитарного [7; 8].

Другая сторона этой дискуссии связана с осмыслением влияния ИИ-технологий на высшее образование и науку в целом [9; 10]. Активно обсуждаются вопросы этического измерения в применении ИИ-технологий [11], готовности основных участников образовательного процесса [12], а также подготовки соответствующих кадров [13; 14].

За последнее время произошли некоторые принципиальные изменения, требующие осмысления и уточнения ключевых категорий инженерного образования – инженерной деятельности и инженерного мышления. Широкое распространение ИИ-технологий оказывает глубокое влияние на инженер-

ную деятельность и на инженерное мышление, меняя их во многих аспектах. С одной стороны, можно выделить технологический аспект. Искусственный интеллект позволяет автоматизировать рутинные задачи, минимизируя ошибки; помогает находить более эффективные способы выполнения задач, оптимизируя использование ресурсов и повышая производительность. Инженерная деятельность всё чаще реализуется в коллаборации с системами искусственного интеллекта, позволяя создавать новые, как сейчас говорят «умные», решения, способные к самообучению и адаптации в реальном времени.

Инженерное мышление развивается в направлении объёмного или, лучше сказать, системного подхода, работающего не с отдельными компонентами жизнеобеспечения, а с взаимосвязанными системами деятельности. Инженерная деятельность требует взаимодействия с искусственным интеллектом, особой коммуникации, что, в свою очередь, требует переосмысления инструментального подхода в использовании искусственного интеллекта. Таким образом распространение ИИ-технологий стимулирует развитие инженерного мышления, делая его более гибким, системным, ориентированным на взаимодействие с интеллектуальными системами.

Распространение искусственного интеллекта, больших данных, облачных технологий, Интернета вещей, как принято считать, перестраивает инженерные процессы. При этом те же самые технологические факторы перестраивают и социальную реальность. Не менее важно то, что мы живём в эпоху искусственного интеллекта [15], и это обстоятельство влияет прежде всего на общество, культуру, человеческие взаимоотношения, труд, то есть на большинство сфер жизнедеятельности человека. А это значит, что инженерная деятельность, будучи системно встроенной в более широкий контекст, реа-

¹ См. распределение публикаций по ключевым словам. URL: https://www.elibrary.ru/title_profile.asp?id=8608 (дата обращения: 18.03.2024).

лизуется в принципиально новых социальных условиях.

Однако при всей революционности изменений новые представления об инженерной деятельности и инженерном мышлении не находят должного отражения в академической литературе и образовательных программах. Более того, за последние годы понятия «инженер» и «инженерная деятельность» исчезли из ФГОС высшего образования и постепенно вытесняются из профессиональных стандартов. «Инженер» как ключевая фигура социально-экономического прогресса замещается «специалистом по направлению». Возможно, это симптом, характеризующий принципиальные изменения в инженерной деятельности, что требует внимательного осмысления и новой концептуализации. И, возможно, понимание инженера в традиционном смысле как профессионала, работающего с техническими системами, перестало быть релевантно новой технологической и социальной реальности.

В этой связи в данной статье авторы предлагают несколько тезисов, которые будут последовательно представлены и обоснованы. По своей структуре статья будет соответствовать приведённым тезисам.

Тезис 1. Инженерную деятельность в условиях широкого распространения искусственного интеллекта необходимо трактовать в качестве системы деятельности, не отождествляя её с деятельностью отдельных инженеров, либо только с инженерным делом.

Тезис 2. Инженерная деятельность есть деятельность, направленная на решение проблем человека и общества, удовлетворение, а также формирование человеческих потребностей путём преобразования природной и социальной реальности техническими средствами.

Тезис 3. Техника, работающая на основе технологий искусственного интеллекта, становится партнёром в инженерной деятельности, в том числе коммуникативным партнёром.

Тезис 4. Инженерное мышление в условиях партнёрства с ИИ-техникой должно включать

в себя, во-первых, опережающее мышление в силу саморазвития ИИ-систем и динамичного общественного развития под воздействием распространения искусственного интеллекта; во-вторых, ответственное мышление в силу необходимости учёта широкого влияния инженерной деятельности на человека и общество, а также этического измерения разработки и применения ИИ-систем.

Инженерная деятельность как система деятельности

В научной литературе инженерная деятельность, как правило, отождествляется с инженерией или деятельностью инженеров [16]. Ей обычно приписывают такие признаки, как деятельность в сфере материального производства, имеющая дело с реальными объектами, превращающая природное в социальное и проч. [17]. На предыдущем этапе развития инженерной деятельности такое понимание действительно отражало суть дела, но в наши дни представляет лишь весьма ограниченную его грань. Внушительная часть инженерной деятельности направлена на создание и дальнейшее преобразование реальности, никогда не существовавшей в материи, кроме того, далеко не все предметы инженерной деятельности являются природными с тем, чтобы впоследствии стать социальными.

В качестве примера приведём определение в одной из самых цитируемых работ: «Инженерная деятельность – это динамическая система взаимодействия инженера и орудий, механизмов, сооружений, которые необходимо построить искусственным путём, опираясь на научные знания, умения, навыки и инженерные способности» [18, с. 20]. В данном случае транслируется традиционная мысль о том, что инженерная деятельность опирается на научные знания. Не оспаривая эту мысль, особо стоит подчеркнуть, что фигура инженера здесь занимает обособленную позицию профессионала, лишь по необходимости взаимодействующего со «смежниками» [18].

Второй подход представляет инженерную деятельность как системотехническую деятельность [19]. Объектом инженерной деятельности становится сложная человеко-машинная система. Преимущество данного подхода заключается в признании значения множества профессионалов в качестве непосредственных участников системотехнической деятельности. Здесь речь идёт о создании больших социотехнических систем, включающих разработку экономических, организационных и социальных аспектов системы. С появлением и широким распространением цифровых средств, а также средств быстрого прототипирования, инженерная деятельность уже далеко не всегда требует сложной организации и привлечения к работе крупных организационных структур. Инженерная деятельность в наши дни всё чаще реализуется в малых коллективах, но с включением в них разного рода профессионалов от исследователей до дизайнеров, менеджеров и экономистов.

Труд инженера и сегодня может быть связан узко с техническими устройствами и материальными объектами, но инженерная деятельность как система направлена шире на решение проблем человека и общества. В академической печати определение, как правило, строится без указания на цели деятельности, либо эти цели не выходят за пределы инженерного функционала (проектирование, конструирование, разработка, создание, эксплуатация и т. п.) [18]. Кроме того, что такой подход определённым образом выхолащивает содержание, его основной недостаток заключается в попытке перечислить все релевантные функции, список которых, по вполне понятным причинам, остаётся неполным. Авторы же предлагают дефиницию через целеполагание, которая, по их убеждению, снимает ряд ограничений, свойственных определениям, представленным выше.

Инженерная деятельность есть деятельность, направленная на решение проблем человека и общества, удовлетворение, а также формирование человеческих по-

требностей путём преобразования реальности техническими средствами.

Под реальностью подразумевается как материальный мир, так и социальная действительность, а также цифровая реальность. Инженерная деятельность преобразует не только мир техники, но и трансформирует социальные отношения. В этом смысле инженерная деятельность схожа с научной деятельностью, суть которой заключается в получении новых знаний для последующего решения проблем человека и общества, а также удовлетворения человеческой потребности в знаниях.

При этом деятельность следует рассматривать в единстве её компонентов. По убеждению авторов, принципиально важно не выносить за пределы деятельности подсистему управления деятельностью, коммуникативную подсистему, а также неразрывно связанное с ней мышление, подобно тому как концепция мыследеятельности включает три плана – действие (проектирование), мышление (исследование) и коммуникацию (диалог) [20].

В такой трактовке научная деятельность, кроме собственно поиска новых знаний, включает слой научных коммуникаций и соответствующей инфраструктуры в виде научных журналов, конференций и т. п. Таким образом, научная деятельность включает в себя не только труд учёных. Кроме этого, происходит диффузия инженерной и исследовательской деятельности, когда «деятельность по выработке знания встраивается непосредственно в процессы создания, отладки, развития и тиражирования новых технологий» [21, с. 29].

Инженерная деятельность также схожа с художественной деятельностью [22], которая преобразует реальность и удовлетворяет потребности (эстетические), но в отличие от инженерной деятельности другими средствами – средствами искусства. В художественную деятельность, кроме непосредственно лиц творческих профессий, включён труд критиков, искусствоведов, кураторов выставок и т. п.

Таким образом, авторы предлагают трактовать инженерную деятельность как систему, включающую, кроме собственно инженерного дела, инженерное мышление, коммуникативную составляющую, а также подсистему управления.

Предложенная трактовка инженерной деятельности, впервые выдвинутая в предыдущих публикациях [7; 23], требует дополнительного обоснования и может быть верно истолкована в рамках теории деятельности [24; 25], язык которой позволяет ухватить то, что ускользает в иных теоретических рамках. В теории деятельности конкретная деятельность предстаёт в качестве целенаправленного субъект-объектного взаимодействия посредством инструментов деятельности. В теории деятельности эти инструменты трактуются довольно широко и включают не только физические, цифровые, но и психические процессы. Для данного исследования это обстоятельство имеет важное значение, поскольку позволяет рассматривать инженерную деятельность в единстве с инженерным мышлением.

Значение теории деятельности заключается и в том, что она рассматривает не отдельное действующее лицо, а систему ответствующего труда, включающую коллективный труд. В данном случае теория деятельности фиксирует внимание не на субъекте деятельности – инженере, а на системе – инженерной деятельности. Теория деятельности, фокусируясь на практике, преодолевает дихотомию не только прикладной и фундаментальной науки, но и инженерной и исследовательской работы, поскольку в системе деятельности принципиальное значение имеет целеполагание, а не профессиональная специализация.

Техника в условиях развития искусственного интеллекта: от подмастерья до партнёра

В условиях экспансии искусственного интеллекта кардинально меняются представления о технике. Традиционно техника (техни-

ческие средства, технические объекты) воспринималась в качестве некоторого фиксированного набора инструментов, выполняющих определённые задачи. Техника, работающая на основе технологии искусственного интеллекта, устроена принципиально иначе; она адаптивна, саморазвивается в зависимости от контекста, способна к автономному принятию решений. Таким образом, сохраняя концепт «техника», мы должны понимать принципиальное отличие сущности этого явления от привычных представлений.

Роль ИИ в инженерной деятельности в самой упрощённой интерпретации уже вполне сопоставима с ролью подмастерьев в связке в первичном технологическом разделении труда «мастер – подмастерья», сформировавшемся в неолитическую эпоху перехода первобытных племён к оседлому образу жизни, развитию торговли, появлению первых профессий. Подмастерье, функционал которого в этой первоначальной клеточке профессиональной деятельности как системе разделения труда (СРТ) состоял в операциях типа «принеси-унеси», «подержи-поддержи», «подготовь-убери», «разожги-погаси», освобождал умельца от неквалифицированного труда, что обеспечивало повышение производительности его труда, дававшего племени ценный в буквальном смысле продукт. Здесь важно акцентировать, что подмастерье в указанной связке никогда не рассматривался как инструмент, средство деятельности мастера, даже когда он находился у мастера в рабстве. То же и устройство или сервис с ИИ, уровень которого предполагает пространство, некоторую «творческую степень свободы» для выбора параметров своих действий, позволяет ему самообучаться, предугадывать поручения и, что особенно важно, коммуницировать с человеком, дающим их. Более того, уровень ИИ таков, что во многих проблемных ситуациях он реально выступает партнёром человека (например, высокоинтеллектуальные игры типа шахмат, Го, покера), способным вести с ним диалог на его языке.

Тем не менее точку зрения, что «ИИ – это всего лишь инструмент, пускай и очень высокотехнологичный», всего лишь специфическая компьютерная программа, высказывают многие авторитетные эксперты: учёные и специалисты². Нередко можно услышать, что робот с ИИ и сам ИИ ни в коей мере не субъектны, не могут нести ответственность за свои действия. Последнее безусловно верно, однако в некоторых областях деятельности уровень формализации таков, что не оставляет человеку свободы действий. Например, когда при анализе нештатных ситуаций, авариях выясняется, что персонал действовал строго по инструкциям, предписаниям, стандартам, к примеру инженер, выполнивший проектные расчёты некоей конструкции по утверждённой методике при заданных ему нагрузках, необходимой долговечности, других исходных данных, ответственность за возникшую ситуацию с него по логике тоже должна сниматься. Сегодня подобные ответственные расчёты выполняются целиком программными комплексами CAD/CAE/CAM на цифровых платформах PLM в рамках парадигмы, которая именуется «цифровые двойники». Кроме того, системы автоматизированного проектирования всё чаще базируются на технологиях искусственного интеллекта.

Выполняются расчёты при помощи данных комплексов быстрее, а главное – качественнее, ибо используемые в этих расчётах математические модели проектируемых конструкций существенно более адекватны, а сами расчёты являются динамическими и многовариантными и дают возможность точнее оценивать риски, связанные с принятием проектных решений при объективной неопределённости в исходных данных – всё том,

что в проблемных ситуациях понимается под словом «дано». Инженер в данной парадигме надзирает за работой программы, как мастер за подмастерьем, оценивая промежуточные результаты, внося время от времени необходимые коррективы, неся персональную ответственность за грамотное исполнение именно этих функций. В его функционале всё более весомым становится участие в разработке, формировании матрицы целевых показателей, концептуальном проектировании и отладке цифрового двойника, программировании и проектировании его виртуальных испытаний, интерпретации их результатов с целью валидации и верификации³.

Размышления относительно того, к какой группе ресурсов и средств инженерной деятельности следует отнести ИИ-системы, привели к выводу о необходимости расширить их общепринятую классификацию, включающую четыре группы – материально-технические, информационные, интеллектуальные и финансовые, – добавив ещё одну. В одной из прошлых публикаций авторов [7] она определяется как «биологические и квазибиологические» ресурсы и средства и включает домашних животных и роботов, наделённых ИИ. Они не являются субъектами права, но в современной философии «субъект – это прежде всего конкретный телесный индивид, существующий в пространстве и времени, включённый в определённую культуру, имеющий биографию, находящийся в коммуникативных и иных отношениях с другими людьми» [26, с. 660]. По крайней мере генеративный искусственный интеллект оказывается воспринимаемым субъектом коммуникации, иными словами не обладая субъектностью, ИИ воспринима-

² Выжutowич В. Тема с философом Алексеем Козыревым: Нужно ли регулировать искусственный интеллект // Российская газета. 20 октября 2022 г. URL: <https://rg.ru/2022/10/20/nuzhno-li-regulirovat-iskusstvennyj-intellekt.html> (дата доступа: 12.05.2024).

³ Боровков А.И. «Умные» цифровые двойники – основа новой парадигмы цифрового проектирования и моделирования глобально конкурентоспособной продукции нового поколения // Трамплин к успеху. Цифровая экономика знаний. 2018. № 3. С. 12–16. URL: https://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2018/04_april/27/Korporativnyy_jurnal_Tramplin_k_uspehu_13_2018.pdf (дата обращения: 26.04.2024).

ется пользователем в качестве коммуникативного партнёра.

Общезвестное, обиходное выражение «собака – друг человека» как метафора фиксирует бытующее отношение человека к преданным ему животным, рассматриваемым им не в качестве средства удовлетворения своих потребностей или исполнения долга, но в качестве партнёров. В 2008 г. Элизер Юдковски ввёл в науку понятие дружественного искусственного интеллекта (*Friendly Artificial Intelligence*) [27], имея в виду, прежде всего, отсутствие у ИИ потенциальных намерений «непослушания» воле его создателей и пользователей. Мы же в данном аспекте хотим подчеркнуть обуюдность этой дружественности, важность формирования не враждебного, не равнодушно-нейтрального, не потребительского отношения пользователя, конкретно инженера к ИИ, но уважительного и именно партнёрского отношения к нему самому.

Тут речь ни в коем случае не идёт об очеловечивании ИИ и роботов. Авторы лишь подчеркивают важность понимания того, что, выражая заинтересованность в совершенствовании ИИ, заботясь об этом, нельзя забывать и о необходимости учить будущего инженера грамотному взаимодействию с ИИ, умению задавать ему правильно поставленные вопросы, одним словом, осваивать зарождающуюся деловую этику во взаимодействии работника с ИИ. В рамках этой этики авторы полагают возможным утверждать, что ИИ – партнёр человека, и считаем нужным настраивать на это инженерное мышление как выпускников вузов, так и уже работающих специалистов.

Таким образом, *технические решения, работающие на основе технологий искусственного интеллекта, становятся партнёром в инженерной деятельности, в том числе коммуникативным партнёром.*

Следствия для образования

В работе инженера и соответственно в инженерном образовании протекают два взаимосвязанных процесса. С одной стороны, расширяется функционал инженера, и к нему предъявляются новые требования, связанные с управленческими, экономическими, правовыми и прочими вопросами. Система образования реагирует на это включением в программы инженерного образования соответствующих курсов по менеджменту, экономике и т. д. С другой стороны, в мире профессий углубляется специализация, и всё более очевидно проявляется разделение труда. В системе образования этот факт находит отражение в появлении специализированных программ подготовки, например, «Менеджмент в машиностроении»⁴.

Таким образом, инженер воспитывается с осознанием себя как универсального специалиста, который, как следствие, не видит абсолютной необходимости во взаимодействии с другими, поскольку считает себя самодостаточным и универсальным профессионалом. Самосознание инженера – это осознание себя как части сообщества инженеров, и оно не включает в инженерную деятельность иных профессионалов – дизайнеров, экономистов, менеджеров, учёных. В этом заключается, по мнению авторов, тревожный признак как современной инженерной деятельности, так и инженерного образования. Инженер должен понимать, в какой системе деятельности он находится и каково целеполагание этой системы.

Постепенно беря на себя множество формализованных и частично формализованных задач, решаемых инженерами и не только инженерами, в частности связанных с поиском и категоризацией различной информации, первичной обработкой данных испытаний, выполнением расчётов по стандартизованным, утверждённым соответствующими

⁴ Университет Синергия. Абитуриентам. Специальности. Менеджмент в машиностроении. URL: https://synergy.ru/abiturientam/programmyi_obucheniya/menedzhment_v_mashinostroenii (дата обращения: 26.04.2024).

инстанциями методикам и алгоритмам, ИИ забирает у рядового инженера всё большую часть его традиционного функционала. И в этой связи нельзя не заметить парадокса, состоящего в том, что работодатель через профессиональные стандарты требует обучать студентов в первую очередь решению именно подобных формализованных задач, чтобы, придя на работу, заместив появившиеся вакансии, новоиспечённые инженеры могли быстро освоить функционалы рабочих мест и выдавать на-гора нужный работодателю продукт в цепочке создания конечной стоимости в его бизнесе. И всем этим работодатель ставит под удар свой инженерный корпус, который довольно быстро окажется не способным конкурировать с ИИ.

В опубликованной три года назад статье О.В. Будзинской «Оrientируют ли профессиональные стандарты в ТЭК на цифровизацию?» [28] было предметно показано, что нет, не ориентируют. Достаточно ознакомиться с новейшим, утверждённым Минтрудом России в сентябре 2023 г. профессиональным стандартом 19053 «Специалист-геолог в добыче нефти, газа и газового конденсата», чтобы убедиться в отсутствии у работодателя стремления повышать требования к цифровым компетенциям специалистов. Он считает для них достаточным умения «пользоваться специализированными программными продуктами в области геолого-промысловых работ, персональными компьютерами, их периферийными устройствами, оргтехникой» и знания «правил работы на персональном компьютере в объёме пользователя»⁵. В данном профессиональном стандарте в описании трудовых функций и действий нет ни слова об участии специалиста-геолога в формировании «больших данных – *Big Data*» для последующего машинного обучения и использования ИИ в проектировании геолого-промысловых работ, анализе и интерпретации

геолого-промысловых данных, предиктивной аналитике. Не упоминается и актуальная в настоящее время, но потенциально замещающая ИИ функции специалиста-геолога как штурмана в оперативном мониторинге и корректировке (на сленге буровиков – геонавигации) траектории (курса) строящейся горизонтальной скважины. Напрочь отсутствуют в понятийном аппарате профессионального стандарта вышеупомянутые *Smart Well*, *Smart Digital Twi*, *Digital Shadow*.

Возникает справедливый вопрос, который может показаться риторическим, но который тем не менее должен быть озвучен: «Это норма?» Нормально, что профессиональный стандарт 2023 г. будет консервировать соответствующую инженерную деятельность до 2027 г., а университеты, ведущие подготовку инженерных кадров к этой деятельности, – профессиональные компетенции, которыми эти кадры должны овладеть? Или же мы признаём наличие весьма острой, требующей безотлагательного разрешения проблемной ситуации в отставании инженерного образования в части приобретения студентами практических навыков использования ИИ в решении инженерных задач? Необходимо подчеркнуть: отставание обусловлено в незначительной степени отсутствием, как показано выше, необходимого «давления» на высшую школу со стороны работодателей. Чтобы обсуждать и предлагать требуемые для этого действия, попробуем рассмотреть с разных ракурсов данную ситуацию в проекции на инженерное мышление.

Инженерное мышление в контексте партнёрства с ИИ

Понятие «инженерное мышление» как и «инженерная деятельность» раскрывается в научной литературе, исходя из двух принципиальных позиций – как мышление инженеров в качестве профессионалов [3] и как

⁵ Приказ Минтруда России № 693н от 6 сентября 2023 г. «Об утверждении профессионального стандарта «Специалист-геолог в добыче нефти, газа и газового конденсата»» URL: <https://mintrud.gov.ru/docs/mintrud/orders/2756> (дата обращения: 26.04.2024).

универсальное свойство характеризующее человека [29; 30]. Вместе с тем в контексте обсуждаемого нами тезиса о партнёрстве с ИИ, представления об инженерном мышлении требуют некоторых уточнений. По словам В.Г. Горохова: «инженер должен уметь нечто такое, что нельзя охарактеризовать словом *знает*, он должен обладать ещё и особым типом мышления, отличающимся и от обыденного, и от научного» [31, с. 7].

У А.С. Выготского мышление непосредственно связано с речью, иными словами, со знаковой системой. Инженерное мышление также связано с особой знаковой системой и, как будет показано ниже, с коммуникативной системой. Мысль, «это непосредственный и единственный продукт мышления» [32, с. 40], при этом смысл – её значение, и оно, это значение, в восприятии мысли, в её понимании неоднозначно. Мысли в коммуникациях транслируются вербально и невербально, с помощью различных семиотических средств, в частности посредством письменности. При этом «феномен смысла» «возможен только как наложение мысли и слова, по крайней мере без их органического единства смысл как таковой не распознаётся» [32, с. 41]. «Наложение мысли и слова» в данном контексте выступает проявлением коммуникативной системы, которая, как это было показано выше, является неотъемлемым компонентом инженерной деятельности.

Несколько упрощая, допустимо исходить из того, что вся совокупность возможных смыслов, задействованных и генерируемых в мышлении людей, хоть и невообразимо огромна, всё-таки конечна, ибо она связана с многомерным, но не бесконечным множеством, лучше сказать, пространством сущностей, включая воображаемые, и представлениями людей об их возможных состояниях, изменениях и свойствах. Представляется, что умственное развитие человека тесно связано с последовательным освоением и расширением в его мышлении обоих этих пространств – сущностей и смыслов, их границ, образно говоря, периметра. Освоением, выражающем

ся в накопленных знаниях, их понимании, приобретённых умениях, сформированной в его сознании картиной мира. Степень этой освоенности у каждого человека своя, и она уникальна, но за счёт похожести выбираемых молодыми людьми образовательных траекторий формируются профессиональные сообщества, в частности инженерное.

Инженерное мышление как генерация каждым из людей мыслей в освоенном пространстве сущностей и смыслов, несущих в себе новые смыслы, фокусируется так или иначе на актуальных и потенциальных человеческих потребностях, поисках и реализации на уровне технологий возможностей их удовлетворения. Встраивание в человеческую деятельность ИИ-систем трансформирует у инженера его «инженероцентричную» картину миру, существенным образом расширяет в ней пространство человеческих потребностей. И, соответственно, создаёт новое поле инженерной деятельности с новыми целями, новыми продуктами, новыми способами разделения труда, новыми организованностями.

Универсальность инженерного мышления

Инженерное мышление присуще отнюдь не только тем, кто сами себя называют технарями, но и гуманитариям. Более того, думается, что способностью мыслить по-инженерному обладают все психически здоровые люди, начиная с дошкольного возраста, независимо от их образованности, имущественного положения и социального статуса [33; 34].

Общеизвестны примеры выдающихся инженерных изобретений, сделанных гуманитариями. Достаточно назвать гениального художника и изобретателя Леонардо да Винчи, скромного французского педагога Луи Брайля, придумавшего систему набора шрифта для незрячих, актрису Хеди Ламарр, предложившую новаторскую для криптографии технологию «прыгающих частот», которая сделала возможными мобильную сотовую связь и *Wi-Fi*.

Преобразовательный потенциал наук

Таблица

Table

Transformative potential of sciences

Предмет	Науки	Практики
Природа	Естественные	Техника
Общество	Социальные	Политика
Культура	Гуманитарные	?

Источник: [36, с. 17]

Source: [36, с. 17]

20 лет назад в журнале «Высшее образование в России» была опубликована статья Г.Г. Копылова [35], где он утверждал, что у каждой науки есть свой технический спутник – соответствующая инженерия (система инженерий). С этим утверждением переключаются мысли профессора Михаила Эпштейна, который полагает, что в науке сложились три основные отрасли знаний: естественные, социальные и гуманитарные науки, и что технология служит практической надстройкой («приложением») естественных наук, а политика – расширением социальных наук; и технология, и политика призваны преобразовать то, что изучают их соответствующие научные дисциплины: природу и общество [36].

Задаваясь вопросом, существует ли кака-либо деятельность в гуманитарных науках, которая соответствовала бы этому преобразующему статусу технологий и политики, профессор настаивает на том, что «гуманитарные науки не меньше, чем естественные, нуждаются в изобретениях и изобретателях» [36, с. 24], и в этом контексте он полагает необходимым разработать понятие *гуманитарных технологий*. «Гуманитарное изобретение», – как его трактует М. Эпштейн, – «это новая гуманитарная идея, включающая средства её воплощения в виде культурных практик, интеллектуальных движений, творческих организаций и форм сотрудничества. Гуманитарные изобретения охватывают те сферы культуры, которые изучаются гуманитарными науками: язык, литература, искусство, философия, религия, психология, культурология» [36, с. 24-25].

В *таблице* (представлена выше), предложенной М. Эпштейном, в третьей строке стоит знак вопроса, указывающий на недостаточную отрефлексированность технологической функции гуманитарных наук. Думается, что приведённая схема, (при безусловной поддержке её авторами в части актуальности технологизации гуманитарных деятельности) нуждается в некоторых дополнениях. Во-первых, в представленную схему (таблицу) необходимо добавить человека как объект, стоящий в том же смысловом ряду, что и природа, и общество, и культура, во-вторых, практики в сфере культуры, гуманитарные технологии существуют издревле, наравне с техникой и политикой: это воспитание, обучение, просветительство. В-третьих, сегодня в обиход уже прочно вошли такие понятия, как социальный инжиниринг, психоинжиниринг, появились политехнологии, PR- и маркетинговые технологии, и очевидно, что инженерная компонента занимает существенное место в гуманитарном мышлении продюсеров и режиссёров театра, кино, телевидения, организаторов массовых мероприятий. Бесспорен статус педагогики как гуманитарной науки, институционально подкреплённый созданием Российской академии образования, и к её практике, говоря словами М. Эпштейна, вполне может быть отнесена инженерная педагогика. Напрямую относящиеся к ней идеи проектного метода обучения *CDIO (Conceiving, Designing, Implementing, Operating* – разработка, проектирование, реализация, эксплуатация) профессора Эдварда Кроули [37], идеи контекстного обучения академика РАО

А.А. Вербицкого [38] – всё это примеры того самого гуманитарного изобретательства, ощущимости потока которого недостаёт, по мнению М. Эпштейна, современной цивилизации.

Инженерное мышление – это динамическая категория. До конца XX в. понятие технологии определялось энциклопедическими словарями как совокупность способов и средств преобразования материальных объектов (сырья, веществ, полуфабрикатов и т. п.) – перемещения, обработки и переработки, изготовления, использования и прочее, а также как наука, имеющая своим предметом эти способы⁶. Такая трактовка технологии, естественно, делала её предметом инженерной деятельности и, соответственно, инженерного мышления. Затем указанное определение расширилось включением в технологию в качестве объекта преобразования энергии и информации, но классифицировали его как определение в узком смысле, то есть по-прежнему как предмета и продукта инженерной деятельности. Оно отразило узаконенный статус инженера-программиста, полученного выпускниками в соответствующей области, и в таком изложении до сих пор сообщается студентам инженерных вузов. Ныне же под технологией понимается совокупность методов и инструментов в последовательности их использования для достижения желаемого результата в любой деятельности. Это уже существенно более широкое понятие. Будучи доселе чисто инженерным, понятие технологии распространяется уже на все виды деятельности. В логике индуктивного мышления этот факт вместе с наблюдаемым гуманитарным изобретательством инженеров и инженерным изобретательством гуманитариев подтверждает тезис об универсальности способности человека мыслить инженерно.

Как и другие способности, способность к инженерному мышлению развиваема. И це-

ленаправленная деятельность, в частности педагогическая, по развитию инженерного мышления, вполне технологизируема. Одна из таких технологий, именуемая *Science Art*⁷, нацелена на симбиоз инженерного и гуманитарного, образного мышления⁸.

Таким образом, приведём уточняющие характеристики инженерного мышления в контексте широкого применения ИИ-технологий. Прежде всего, необходимо указать на такую его характеристику, как опережающее мышление как по отношению к технике, которая в условиях применения ИИ-технологии способна к саморазвитию – обучению, адаптации, совершенствованию в зависимости от условий, так и по отношению к обществу, трансформация которого становится всё более динамичной под воздействием ИИ-технологий. Инженерное мышление рассматривает ИИ как интеллектуального партнёра, способного помочь в поиске решений. Тесная связь инженерной деятельности и ИИ-технологий требует соответствующей подготовки – навыков работы с большими данными, понимания принципов машинного обучения и т. п. Инженерное мышление должно учитывать этическое измерение разработки и применения ИИ-систем, обеспечивая их безопасность и отвечая за потенциальные социальные последствия.

Выводы

Таким образом, инженерная деятельность не является деятельностью только отдельных инженеров. Она основана на системе разделения труда, и инженеры в ней не самодостаточны. Они занимают позиции в инженерной деятельности наряду с учёными, дизайнерами, мастерами, менеджерами, экономистами и другими категориями работников. Инженерная деятельность как система имеет её атрибуты – функциональную и морфологи-

⁶ Технология. Глоссарий.ru. URL: [http://www.glossary.ru/cgi-bin/gl_sch2.cgi?RSI\)turujo](http://www.glossary.ru/cgi-bin/gl_sch2.cgi?RSI)turujo) (дата обращения: 10.05.2024).

⁷ Science Art как симбиоз инженерной науки и искусства. URL: https://old.mospolytech.ru/news_new.php?id=10610 (дата обращения: 10.05.2024).

⁸ Arts at MIT. URL: <http://arts.mit.edu/> (дата обращения: 10.05.2024).

ческую структуры, подсистемы, элементы, специфические связи, эмерджентность. Инженерная деятельность как система разделения труда многосубъектна, многоаспектна, в каждом аспекте многомерна, её структура многослойна, иерархические связи в ней сочетаются с сетевыми. Это открытая динамическая система, зависимая от множества других деятельностей, как и они от неё.

Потребности людей и все без исключения их деятельности – это предметная область инженерной деятельности. Инженерная деятельность призвана обеспечивать наиболее полное удовлетворение этих потребностей (в этом её гуманитарная функция) посредством технологизации, неуклонно повышающей результативность соответствующих деятельностей.

Инженерная деятельность по отношению к другим видам человеческой деятельности, поставляя в них инструментарий – средства, технологии, организованности, то есть технологизируя их, выступает как особый сервис, в котором ИИ открывает широкий простор по формированию новых потребностей. Развитие инженерного мышления на основе данных представлений, освоение методологии проектирования инженерной деятельности должны находиться в фокусе инженерной педагогики.

Итак, в качестве выводов авторы приводят обсуждаемые тезисы, суммируют полученные результаты и приведённые аргументы.

Тезис 1. Инженерную деятельность в современных условиях необходимо трактовать в качестве системы деятельности.

Это означает переход от узкого представления об инженерной деятельности как о работе отдельных инженеров к более широкому пониманию, включающему в себя взаимодействие множества элементов и процессов. Инженерная деятельность – это система деятельности, а не просто профессия.

К основным элементам инженерной деятельности относится, во-первых, инженерное дело как традиционная деятельность по проектированию, конструированию, исследованию

и разработке новых технических решений. Во-вторых, подсистема управления, которая создаёт условия для эффективного проведения инженерных работ, обеспечивая необходимыми ресурсами, организуя процессы и контролируя их выполнение. В-третьих, коммуникативная подсистема, которая обеспечивает взаимодействие между участниками инженерной деятельности, а также общественностью, передачу информации, координацию действий и решение возникающих проблем.

При этом инженерное мышление пронизывает все элементы системы. Оно предполагает системный подход, творческое решение задач, способность к анализу и синтезу, а также критическое мышление.

Рассматривая инженерную деятельность как систему, мы получаем более полное представление о её сложности, взаимосвязи её элементов и важности системного подхода к решению проблем человека и общества. Это позволяет улучшить эффективность инженерной деятельности, повысить её качество и создать более устойчивые и безопасные технические решения. Кроме этого, такое представление существенно меняет подход к образованию.

Тезис 2. Инженерная деятельность – есть деятельность, направленная на решение проблем человека и общества, удовлетворение, а также формирование человеческих потребностей путём преобразования природной и социальной реальности техническими средствами.

Данный тезис раскрывает гуманистическую сущность инженерной деятельности, которая часто остаётся скрытой за техническими деталями. Инженерные решения традиционно позволяют нам удовлетворять основные потребности в питании, жильё, тепле, воде, здоровье, защите от неблагоприятных условий. Инженерные решения делают нашу жизнь более комфортной и безопасной, открывают новые возможности для обучения, творчества, исследований, развлечений, общения, а также для достижения новых вершин в науке и технологиях.

Однако инженерная деятельность не должна быть самоцелью, её цель – не просто создать новую технику, а решать реальные проблемы человека и общества. Инженерная деятельность должна с учётом этических и социальных норм и ценностей создавать технологии, которые будут пользоваться доверием и приносить пользу обществу.

Таким образом, инженерная деятельность – это не просто техническое решение задач, а важный элемент социального прогресса. Она способна решить множество проблем человечества, улучшить качество жизни, создать более справедливое и устойчивое будущее. Однако при этом важно помнить о гуманистической миссии инженерной деятельности и о том, что она должна служить интересам человека и общества.

Тезис 3. *Техника, работающая на основе технологий искусственного интеллекта, становится партнёром в инженерной деятельности, в том числе коммуникативным партнёром.*

Этот тезис подчёркивает глубокую трансформацию роли техники в современном мире. Инженеры традиционно воспринимали технику как набор инструментов, которые выполняют заданные задачи. Современная техника, оснащённая ИИ, становится активным партнёром, способным не только выполнять задания, но и предлагать решения, а также участвовать в процессе принятия решений. Важная особенность ИИ заключается в способности к коммуникации. ИИ-системы могут анализировать язык, воспринимать речь, генерировать текст и вести диалог. Таким образом, в рамках инженерной деятельности происходит коммуникативное взаимодействие с ИИ.

Участники инженерной деятельности должны овладеть навыками работы с ИИ, понимать его возможности и ограничения. В целом ИИ трансформирует роль техники в инженерной деятельности, делая её более интеллектуальной и активной. Техника с ИИ становится не просто инструментом, а партнёром, способным улучшить качество рабо-

ты инженеров и создать новые возможности для разработки инновационных решений.

Тезис 4. *Инженерное мышление в условиях партнёрства с ИИ-технологией должно включать в себя, во-первых, опережающее мышление в силу саморазвития ИИ-систем и динамичного общественного развития под воздействием распространения искусственного интеллекта; во-вторых, ответственное мышление в силу необходимости учёта широкого влияния инженерной деятельности на человека и общество, а также этического измерения разработки и применения ИИ-систем.*

Данный тезис отражает новые вызовы, стоящие перед инженерной деятельностью в условиях стремительного развития искусственного интеллекта. ИИ-системы постоянно обучаются, развиваются и совершенствуются, меняя свои возможности и сферы применения. Инженерное мышление должно быть направлено на предвосхищение этих изменений и создание решений, которые будут адаптироваться к будущим реалиям и новым возможностям ИИ-технологий. ИИ влияет на все сферы жизни, преобразуя экономику, культуру, образование, медицину, политику и др. Инженерное мышление должно учитывать эту динамику и создавать решения, которые будут вписываться в меняющийся мир и помогать человечеству адаптироваться к новым реалиям. Инженерное мышление должно быть направлено на прогнозирование возможных рисков и проблем, связанных с развитием ИИ, и заранее разрабатывать механизмы их предотвращения и минимизации.

Участники инженерной деятельности должны быть открытыми к диалогу с обществом о влиянии ИИ на жизнь людей. Все вовлечённые в инженерную деятельность должны прогнозировать возможные последствия развития ИИ, чтобы с помощью ответственного мышления сформировать этическую основу и предупредить возможные проблемы. Ответственное мышление основывается на понимании динамики развития ИИ и её влияния на общество, что обе-

спечивает в свою очередь основу для опережающего мышления и построения устойчивого будущего.

Таким образом, инженерное мышление в эпоху ИИ должно быть опережающим и ответственным. Это означает, что все участники инженерной деятельности должны сочетать глубокое понимание технологий с учётом этических и социальных последствий своей работы, чтобы направить ИИ-технологии на благо человечества.

Литература

1. Данилаев Д.П., Маливанов Н.Н. Кадровое обеспечение системы технологического образования молодёжи: проблемы и пути решения // Высшее образование в России. 2021. Т. 30. № 1. С. 60–72. DOI: 10.31992/0869-3617-2021-30-1-60-72
2. Полякова Т.Ю., Приходько В.М. Компетенции преподавателя технического вуза в России и за рубежом // Высшее образование в России. 2022. Т. 31. № 7. С. 61–78. DOI: 10.31992/0869-3617-2022-31-7-61-78
3. Чешев В.В. Инженерное мышление в антропологическом контексте // Философия науки и техники. 2016. Т. 21. № 1. С. 104–117. EDN: WBCWDT.
4. Михеев С.А. Комбинированная online-дискуссия как инструмент формирования рефлексии будущих инженеров в условиях цифровизации образования // Высшее образование в России. 2024. Т. 33. № 1. С. 106–127. DOI: 10.31992/0869-3617-2024-33-1-106-127
5. Похолоков Ю.П., Зайцева К.К., Исаева Е.В., Муравлев И.О. Искусственный интеллект: к новой парадигме инженерного образования // Инженерное образование. 2023. № 34. С. 180–187. DOI: 10.54835/18102883_2023_34_16
6. Левин Б.А., Пискунов А.А., Поляков В.Ю., Савин А.В. Искусственный интеллект в инженерном образовании // Высшее образование в России. 2022. Т. 31. № 7. С. 79–95. DOI: 10.31992/0869-3617-2022-31-7-79-95
7. Шейнбаум В.С. Инженерная деятельность в контексте гуманитарного мышления // Высшее образование в России. 2023. Т. 32. № 8-9. С. 89–109. DOI: 10.31992/0869-3617-2023-32-8-9-89-109
8. Вольнов И.Н. Science Art: единство науки и искусства // Вестник РУДН. Серия: Философия. 2017. Т. 21. № 4. С. 557–564. DOI: 10.22363/2313-2302-2017-21-4-557-564
9. Ивахненко Е.Н., Никольский В.С. ChatGPT в высшем образовании и науке: угроза или ценный ресурс? // Высшее образование в России. 2023. Т. 32. № 4. С. 9–22. DOI: 10.31992/0869-3617-2023-32-4-9-22
10. Резаев А.В., Трегубова Н.Д. ChatGPT и искусственный интеллект в университетах: какое будущее нам ожидать? // Высшее образование в России. 2023. Т. 32. № 6. С. 19–37. DOI: 10.31992/0869-3617-2023-32-6-19-37
11. Сысоев П.В. Этика и ИИ-плагиат в академической среде: понимание студентами вопросов соблюдения авторской этики и проблемы плагиата в процессе взаимодействия с генеративным искусственным интеллектом // Высшее образование в России. 2024. Т. 33. № 2. С. 31–53. DOI: 10.31992/0869-3617-2024-33-2-31-53
12. Сысоев П.В. Искусственный интеллект в образовании: осведомлённость, готовность и практика применения преподавателями высшей школы технологий искусственного интеллекта в профессиональной деятельности // Высшее образование в России. 2023. Т. 32. № 10. С. 9–33. DOI: 10.31992/0869-3617-2023-32-10-9-33
13. Алфимцев А.Н., Багдасарьян Н.Г., Сакулин С.А. Кандидатская диссертация по ИИ: новый вызов цифровой эпохи // Высшее образование в России. 2024. Т. 33. № 4. С. 33–48. DOI: 10.31992/0869-3617-2024-33-4-33-48
14. Рябко Т.В., Гуртов В.А., Степун И.С. Анализ показателей подготовки кадров для сферы искусственного интеллекта по результатам мониторинга вузов // Высшее образование в России. 2022. Т. 31. № 7. С. 9–24. DOI: 10.31992/0869-3617-2022-31-7-9-24
15. Резаев А.В., Степанов А.М., Трегубова Н.Д. Высшее образование в эпоху искусственного интеллекта // Высшее образование в России. 2024. Т. 33. № 4. С. 49–62. DOI: 10.31992/0869-3617-2024-33-4-49-62
16. Новая философская энциклопедия: в 4 томах; под ред. В.С. Степина, А.А. Гусейнова, Г.Ю. Семигина и др. М.: Мысль. 2010. Т. 2. 634 с. ISBN: 978-2-244-01117-3.
17. Некрасова Н.А., Некрасов С.И. Философия науки и техники: тематический словарь-справочник: учеб. пособ. для студентов всех специальностей. М.: МИИТ, 2009. 424 с. ISBN: 978-5-7876-0146-6.

18. Кирсанов А.А., Кондратьев В.В. Инженерная деятельность и профессиональная компетентность специалиста // Вестник Казанского технологического университета. 2010. № 12. С. 20. EDN: NCBVBU.
19. Степин В.С., Горохов В.Г., Розов М.А. Философия науки и техники. М.: Контакт-Альфа, 1995. 400 с. ISBN: 5-7762-0013-X. EDN: SCTYOR.
20. Розин В.М. Понятия «предмет» и «объект» (методологический анализ) // Вопросы философии. 2012. № 11. С. 85–96. EDN: PGELAN.
21. Тхагапсоев Х.Г., Яхутлов М.М. Проблемы инженерного образования в современной России: методология анализа и пути решения // Высшее образование в России. 2014. № 8-9. С. 27–36. EDN: SWJWZN.
22. Амиржанова А.Ш. Основные подходы к определению понятия «художественная деятельность» // Омский научный вестник. 2008. Т. 67. № 3. С. 172–175. EDN: FNFBMW.
23. Мафтынов В.Г., Шейнбаум В.С. Инженерная педагогика в контексте инженерной деятельности // Высшее образование в России. 2022. Т. 31. № 6. С. 152–168. DOI: 10.31992/0869-3617-2022-31-6-152-168
24. Perspectives on Activity Theory: ed. by Y. Engeström, R. Miettinen, R.-L. Punamöke-Gitai. Cambridge University Press, 1999. ISBN: 052143730X, 9780521437301. DOI: 10.1017/CBO9780511812774.002
25. Саннино А., Энгестрем У. Культурно-историческая теория деятельности: фундаментальные открытия и новые вызовы // Культурно-историческая психология. 2018. Т. 14. № 3. С. 43–56. DOI: 10.17759/chp.2018140305
26. Лекторский В.А. Субъект // Новая философская энциклопедия. М.: Мысль, 2010. Т. 3. С. 659–670. ISBN: 978-2-244-01115-9.
27. Yudkowsky E. Artificial Intelligence as a Positive and Negative Factor in Global Risk // Global Catastrophic Risks: ed. by N. Bostrom & M.M. Cirkovic. Oxford University Press, 2008. P. 308–345. DOI: 10.1093/oso/9780198570509.003.0021
28. Будзинская О.В. Ориентируют ли профессиональные стандарты на цифровизацию // Труд и социальные отношения. 2021. № 2. С. 21–30. DOI: 10.20410/2073-7815-2021-32-2-21-30
29. Усольцев А.П., Шамало Т.Н. О понятии «Инженерное мышление» // Формирование инженерного мышления в процессе обучения: Материалы междунар. науч.-практич. конференции, Екатеринбург, 07–08 апреля 2015 г. / Т.Н. Шамало (отв. ред.). Екатеринбург: Уральский государственный педагогический университет, 2015. С. 3–9. EDN: VJCIUJ.
30. Зуев П.В., Кошечева Е.С. Развитие инженерного мышления учащихся в процессе обучения физике на основе схемотехнического моделирования // Педагогическое образование в России. 2017. № 7. С. 79–88. DOI: 10.26170/po17-07-10
31. Горохов В.Г. Эволюция инженерии: от простоты к сложности. М.: ИФРАН, 2015. 199 с. ISBN: 978-5-9540-0288-1.
32. Кунарашвили М.Д. Логика мысли и смысла // Вестник Омского университета. 2005. № 1. С. 38–41. EDN: WANEWT.
33. Riley K., Lamm M., Lippard C. Engineering Thinking in Prekindergarten Children: A Systematic Literature Review // Journal of Engineering Education. 2017. Vol. 106. No. 3. DOI: 10.1002/jee.20174
34. Карпова Е.В., Матвеева Е.П. Роль формального и практического содержания математических дисциплин в формировании инженерного мышления студентов // Педагогическое образование в России. 2016. № 6. С. 44–49. DOI: 10.26170/po16-06-07
35. Копылов Г. Инженерные миры и научное знание // Высшее образование в России. 2004. № 2. С. 59–66. EDN: IBNACP.
36. Эшттейн М.Н. Будущее гуманитарных наук: Техногуманизм, креаторика, эротология, электронная филология и другие науки XXI века. М.: Группа Компаний «РИПОЛ классик», «Панглосс», 2019. ISBN: 978-5-386-12499-1.
37. Переосмысление инженерного образования. Подход CDIO / Э.Ф. Кроули, Й. Малмквист, С. Остлунд, Д.Р. Бродер, К. Эдстрем; пер. с англ. С. Рыбушкиной; под науч. ред. А. Чучалина. М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2015. 504 с. ISBN: 978-5-7598-1218-0 (в пер.).
38. Вербицкий А.А. Контекстно-компетентный подход к модернизации образования // Высшее образование в России. 2010. № 5. С. 32–37. EDN: MNHTRV.

Статья поступила в редакцию 07.04.2024

Принята к публикации 18.06.2024

References

1. Danilaev, D.P., Malivanov, N.N. (2021). The Technology Education System Staffing: Problems and Solutions. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 30, no. 1, pp. 60-72, doi: 10.31992/0869-3617-2021-30-1-60-72 (In Russ., abstract in Eng.).
2. Polyakova, T.Yu., Prikhodko, V.M. (2022). Technical University Teacher Competences in Russia and Abroad. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 31, no. 7, pp. 61-78, doi: 10.31992/0869-3617-2022-31-6-61-78 (In Russ., abstract in Eng.).
3. Cheshev, V. (2016). Engineering Thinking in the Anthropological Context. *Philosophy of Science and Technology*. Vol. 21, no 1, pp. 104-117. Available at: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_26189737_94216744.pdf. (accessed: 27.04.2024). (In Russ., abstract in Eng.).
4. Mikheev, S.A. (2024). Combined Online-Discussion as a Tool for Formation of Future Engineers' Reflexion under Conditions of Education Digitalization. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 33, no. 1, pp. 106-127, doi: 10.31992/0869-3617-2024-33-1-106-127 (In Russ., abstract in Eng.).
5. Pokholkov, Y.P., Zaitseva, K.K., Isaeva, E.V., Muravlev, I.O. (2023). Artificial Intelligence: Towards a New Paradigm in Engineering Education? *Inzhenernoe obrazovanie = Engineering Education*. No. 34, pp. 180-187. doi: 10.54835/18102883_2023_34_16 (In Russ., abstract in Eng.).
6. Levin, B.A., Piskunov, A.A., Poliakov, V.Yu., Savin, A.V. (2022). Artificial Intelligence in Engineering Education. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 31, no. 7, pp. 79-95, doi: 10.31992/0869-3617-2022-31-6-79-95 (In Russ., abstract in Eng.).
7. Sheinbaum, V.S. (2023). Engineering Activity in the Context of Humanitarian Thinking. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 32, no. 8-9, pp. 89-109, doi: 10.31992/0869-3617-2023-32-8-9-89-109 (In Russ., abstract in Eng.).
8. Volnov, I.N. Science-Art: The Unity of Science and Art (2017). *Vestnik RUDN. Seria: Filosofia = RUDN Journal of Philosophy*. Vol. 21, no. 4, pp. 557-564, doi: 10.22363/2313-2302-2017-21-4-557-564 (In Russ., abstract in Eng.).
9. Ivakhnenko, E.N., Nikolskiy, V.S. (2023). ChatGPT in Higher Education and Science: a Threat or a Valuable Resource? *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 32, no. 4, pp. 9-22, doi: 10.31992/0869-3617-2023-32-4-9-22 (In Russ., abstract in Eng.).
10. Rezaev, A.V., Tregubova, N.D. (2023). ChatGPT and AI in the Universities: An Introduction to the Near Future. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 32, no. 6, pp. 19-37, doi: 10.31992/0869-3617-2023-32-6-19-37 (In Russ., abstract in Eng.).
11. Sysoyev, P.V. (2024). Ethics and AI-Plagiarism in an Academic Environment: Students' Understanding of Compliance with Author's Ethics and the Problem of Plagiarism in the Process of Interaction with Generative Artificial Intelligence. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 33, no. 2, pp. 31-53, doi: 10.31992/0869-3617-2024-33-2-31-53 (In Russ., abstract in Eng.).
12. Sysoyev, P.V. (2023). Artificial Intelligence in Education: Awareness, Readiness and Practice of Using Artificial Intelligence Technologies in Professional Activities by University Faculty. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 32, no. 10, pp. 9-33, doi: 10.31992/0869-3617-2023-32-10-9-33 (In Russ., abstract in Eng.).
13. Alfimtsev, A.N., Bagdasaryan, N.G., Sakulin, S.A. (2024). PhD Thesis on AI: a New Challenge of the Digital Era. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 33, no. 4, pp. 33-48, doi: 10.31992/0869-3617-2024-33-4-33-48 (In Russ., abstract in Eng.).
14. Ryabko, T.V., Gurtov, V.A., Stepus, I.S. (2022). Analysis of Artificial Intelligence Training Indicators According to the Results of Russian Universities Monitoring. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 31, no. 7, pp. 9-24, doi: 10.31992/0869-3617-2022-31-7-9-24 (In Russ., abstract in Eng.).

15. Rezaev, A.V., Stepanov, A.M., Tregubova, N.D. (2024). Higher Education in the Age of Artificial Intelligence. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 33, no. 4, pp. 49-62, doi: 10.31992/0869-3617-2024-33-4-49-62 (In Russ., abstract in Eng.).
16. Stepin, V.S., Gusejnov, A.A., Semigin, G.Yu., Ogurcov, A.P. (eds.). (2010). *Novaya filosofskaya enciklopediya* [New Philosophical Encyclopedia]. Vol. 2. Moscow: Mysl'. 634 p. ISBN: 978-2-244-01117-3. (In Russ.).
17. Nekrasova, N.A., Nekrasov, S.I. (2009). *Filosofiya nauki i tekhniki: tematiceskij slovar' -spravochnik: uchebnoe posobie dlya studentov vseh special'nostej*. [Philosophy Science and Technology: Thematic Dictionary Reference Book: Textbook. Allowance for Students of All Specialties Socialities]. Moscow: MIIT. 424 p. ISBN: 978-5-7876-0146-6. (In Russ.).
18. Kirsanov, A.A., Kondrat'ev, V.V. (2010). Inzhenernaya deyatel'nost' i professional'naya kompetentnost' specialista [Engineering and Professional Specialist's Competence]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta = Herald of Technological University*. Vol. 12, p. 20. Available at: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_15540366_87027566.pdf (accessed: 28.04.2024) (In Russ., abstract in Eng.).
19. Stepin, V.S., Gorohov, V.G., Rozov, M.A. (1995). *Filosofiya nauki i tekhniki* [Philosophy of Science and Technology]. Moscow. Kontakt-Al'fa. ISBN 5-7762-0013-X. (In Russ.).
20. Rozin, V.M. (2012). Ponyatiya "predmet" i "ob"ekt" (metodologicheskij analiz) [The Concepts of "Subject" and "Object" (Methodological Analysis)]. *Voprosy filosofii = Russian Studies in Philosophy*. No. 11, p. 85-96. Available at: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_18104025_34492318.pdf (accessed: 27.04.2024) (In Russ., abstract in Eng.).
21. Tkhaapsoyev, Kh.G., Yakhutlov, M.M. (2014). Problems of Engineering Education in Modern Russia: The Methods of Analysis and Ways of Solving. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. No. 8-9, pp. 27-36. Available at: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_22409196_72495400.pdf (accessed: 27.04.2024) (In Russ., abstract in Eng.).
22. Amirzhanova A.Sh. (2008). Osnovnye podhody k opredeleniyu ponyatiya "hudozhestvennaya deyatel'nost'" [Basic Approaches to Definition of the Concept of "Artistic Activity"]. *Omskij nauchnyj vestnik = Omsk Scientific Bulletin*. Vol. 67, no 3, pp. 172-175. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-podhody-k-opredeleniyu-ponyatiya-hudozhestvennaya-deyatelnost> (accessed: 27.04.2024). (In Russ.).
23. Martynov, V.G., Sheinbaum, V.S. (2022). Engineering Pedagogy in the Context of Engineering Activity. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 31, no. 6, pp. 152-168, doi: 10.31992/0869-3617-2022-31-6-152-168 (In Russ., abstract in Eng.).
24. Engeström, Y., Miettinen, R., Punamöki-Gitai, R.-L. (eds.). (1999). *Perspectives on Activity Theory*. Cambridge University Press, 480 p., doi: 10.1017/CBO9780511812774.002. ISBN: 052143730X, 9780521437301.
25. Sannino, A., Engeström, Y. (2018). Cultural-Historical Activity Theory: Founding Insights and New Challenges. *Cultural-Historical Psychology*. Vol. 14, no. 3, pp. 43-56, doi: 10.17759/chp.2018140304
26. Lektorskiy, V.A. (2010). Sub'ekt [Subject]. *Novaya filosofskaya enciklopediya* [New Philosophical Encyclopedia]. Moscow.: Mysl'. Vol. 3, pp. 659-670. ISBN: 978-2-244-01115-9. (In Russ.).
27. Yudkowsky, E. (2008). Artificial Intelligence as a Positive and Negative Factor in Global Risk. In: Bostrom N. & Cirkovic M.M. (eds.). *Global Catastrophic Risks*. Oxford University Press. pp. 308-345, doi: 10.1093/oso/9780198570509.003.0021
28. Budzinskaya, O.V. (2021). Do the Professional Standards of the Fuel and Energy Complex Focus on Digitalization? *Trud i sotsial'nye otnosheniya = Labor and Social Relations Journal*. Vol. 32, no. 2, pp. 21-30, doi: 10.20410/2073-7815-2021-32-2-21-30 (In Russ., abstract in Eng.).

29. Usol'cev, A.P., Shamalo, T.N. (2015). O ponyatii "Inzhenernoe myshlenie" [About the Concept of "Engineering Thinking"]. In: Shamalo T.N. (ed.). *Formirovanie inzhenerenogo myshleniya v processe obucheniya: Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*, Ekaterinburg, 07–08 apr. 2015. Ekaterinburg: Ural'skij gosudarstvennyj pedagogicheskij universitet, pp. 3-9. Available at: https://kpfu.ru/staff_files/F507873550/POSLEDNIJ.Mezhdunarod.sbornik.2015.pdf (accessed: 27.04.2024) (In Russ.).
30. Zuev, P.V., Koshcheeva, E.S. (2017). Razvitie inzhenerenogo myshleniya uchashchikhsya v protsesse obucheniya fizike na osnove skhemotekhnicheskogo modelirovaniya [Development Engineer Students' Thinking in the Learning Process Research in Physics Based on Circuit Modeling]. *Pedagogicheskoe obrazovanie v Rossii = Pedagogical Education in Russia*. No. 7, pp. 79-89, doi: 10.26170/po17-07-10 (In Russ.).
31. Gorokhov, V. (2015). *The Development of Engineering from Simplicity to Complexity*. Moscow: IFRAS. 199 p. ISBN: ISBN 978-5-9540-0288-1.
32. Kuparashvili, M.D. (2005). Logika mysli i smysla [Logic of Thought and Meaning]. *Vestnik OmGU = Herald Of Omsk University*. No. 1, pp. 38-41. Available at: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/logika-mysli-i-smysla> (accessed: 27.03.2024) (In Russ.).
33. Riley, K., Lamm, M., Lippard, C. (2017). Engineering Thinking in Prekindergarten Children: A Systematic Literature Review. *Journal of Engineering Education*. Vol. 106, no. 3, doi: 10.1002/jee.20174
34. Karpova, E.V., Matveeva E.P. (2016). The Role of the Formal and Practical Content of Mathematical Subjects in the Formation of Engineering Thinking of Students. *Pedagogicheskoe obrazovanie v Rossii = Pedagogical Education in Russia*. No. 6, pp. 44-49, doi: 10.26170/po16-06-07. (In Russ., abstract in Eng.).
35. Kopylov G. (2004). Inzhenernye miry i nauchnoe znanie [Engineers' Worlds and Scientific Knowledge]. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. No. 2, pp. 59-66. Available at: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_9573654_77470834.pdf (accessed: 27.04.2024) (In Russ.).
36. Epstein, M.N. (2019). *Future Humanities: Techno-Humanism, Creatorics, Erotology, Electronic Philology and other Sciences of the 21st Century*. Moscow: Group of companies "RIPOL classic" / "Pangloss", 2019. ISBN: 978-5-386-12499-1. (In Russ.).
37. Crawley, E., Malmqvist, J., Ostlund, S., Brodeur, D., Edström, K. (2014). *Rethinking Engineering Education, the CDIO Approach*: 2nd ed. Springer, 286 p. ISBN: 978-3-319-05560-2; 978-3-319-05561-9; 978-3-319-33081-5. (Russian translation: Moscow: HSE Publ., 2014, 504 p. ISBN: 978-5-759-81466-5 (In Russ.).
38. Verbitsky, A. (2010) Context and Competence Approach to Modernization of Education. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. No. 5, pp. 32-37. Available at: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_14865354_55141122.pdf (accessed: 27.04.2024) (In Russ., abstract in Eng.).

*The paper was submitted 07.04.2024
Accepted for publication 18.06.2024*