

УДК 378

DOI 10.54835/18102883_2023_34_16

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ: К НОВОЙ ПАРАДИГМЕ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ?

Похолков Юрий Петрович¹,

доктор технических наук, профессор, руководитель, Учебно-научный центр «Системный анализ и управление в инженерном образовании»,
pup@tpu.ru

Зайцева Ксения Константиновна²,

кандидат педагогических наук, директор,
kkzaitseva@gmail.com

Исаева Евгения Владимировна¹,

кандидат филологических наук, доцент, доцент, Учебно-научный центр «Системный анализ и управление в инженерном образовании»,
naiden@tpu.ru

Муравлев Игорь Олегович¹,

кандидат технических наук, доцент, доцент, отделение электроэнергетики и электротехники, главный специалист Учебно-научный центр «Системный анализ и управление в инженерном образовании»,
iom@tpu.ru

¹ Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

² Аккредитационный центр Ассоциации инженерного образования России, Россия, 119049, г. Москва, пр. Ленинский, 6, стр. 21, эт. технический, ком. 412

В статье предпринята попытка обозначить позитивные и негативные последствия использования искусственного интеллекта в инженерном образовании и рассмотреть возможные реакции системы инженерного образования, позволяющие не только «устоять», но и эффективно развиваться, используя возможности искусственного интеллекта. Приводится описание прежних и возможных парадигм инженерного образования в условиях «турбулентности» в сфере науки, техники, технологии и образования. Рассматривается возможность создания специфической среды в вузе при подготовке инженеров, позволяющей обеспечивать не только профессиональные характеристики у будущих инженеров, но также и поведенческие, такие как мотивация, инженерное мышление, мировоззрение. Приводится новое понимание результатов обучения в инженерном образовании в условиях появления новых инструментов и возможностей для решения инженерных задач. Приводятся математические модели для создания цифрового портрета выпускника инженерной программы.

Ключевые слова: инженерное образование, искусственный интеллект, парадигма образования, цифровой портрет, качество инженерного образования, математическая модель, результаты обучения, технологическая революция, инженерное мышление, мотивация, мировоззрение устойчивого развития.

Искусственный интеллект (далее – ИИ) – очевидной вызов системе образования вообще, системе высшего образования и в частности системе высшего инженерного образования России. В ряду последних вызовов инженерному образованию России (переход от плановой экономики к рыночной, необходимость участия в конкурентной борьбе в большом мире, шквальный характер изменений в технике и технологии, пандемия, «повальная» цифровизация и бюрократизация) ИИ на первый взгляд нельзя назвать сложным, если представить его как новый инструмент в руках человека, по-

добный, например, шариковой авторучке (вместо перьевой), фотокамере смартфона (вместо плёночного фотоаппарата) или Интернет – ИИ (вместо Google). Однако ИИ – это далеко не авторучка и не смартфон. Перспектива далёких и даже не очень далёких последствий его использования как элемента систем образования, техники и технологии заставляет относиться к нему с большим вниманием и включением на всю мощность системного мышления, чтобы не пропустить и не допустить возможности снижения качества образования и качества жизни человека.

Оставляя в стороне конспирологические версии трансформации ИИ, которые питаются в основном прогнозами о его неподконтрольном человеку развитию, можно допустить, что ИИ – один из продуктов, предоставляемых нам «мировым разумом» – Интернетом. Этот продукт существенно расширяет возможности человека не только решать возникающие перед ним задачи, но и надеяться на появление новых задач, решение которых может изменить жизнь к лучшему. Отсюда следует, что мир изменился, в нём теперь рядом с естественным интеллектом существует, «живёт», расширяет своё присутствие интеллект искусственный. По существу, ИИ – это некая среда, в которую человек будет погружаться всё глубже и глубже и тем быстрее, чем быстрее он будет создавать благоприятные для этого условия.

Так, на первый взгляд, можно представить себе очередной вызов – ИИ, ответы на который представителям инженерно-образовательного сообщества следует искать быстро и эффективно.

Сегодня во многих вузах Российской Федерации активно проводится работа как по подготовке специалистов в сфере ИИ, так и по внедрению ИИ в образовательные технологии. Организация «Альянс в сфере искусственного интеллекта» представила на международной конференции по ИИ и машинному обучению в 2023 г. рейтинг российских вузов по качеству подготовки ИИ-специалистов. В рейтинг вошли 180 вузов из 64 регионов РФ. Этот факт свидетельствует о готовности высшей школы принять вызов и ответить на него [1].

Целью данной статьи является попытка обозначить позитивные и негативные последствия использования ИИ в инженерном образовании и рассмотреть возможные реакции системы инженерного образования, позволяющие не только «устоять», но и эффективно использовать ИИ для развития.

Наиболее волнующим вопросом, обсуждаемым сегодня в вузовской образовательной среде, является вопрос о признании результатов работы обучающихся, студентов, выполнивших задание с использованием ИИ, или, вообще, представивших преподавателю результат, полностью полученный с использованием ИИ.

Даже если представить, что студент грамотно составил техническое задание для ИИ и получил ответы, которые может комменти-

ровать и анализировать, значит ли это, что он самостоятельно может выполнить такую работу, т. е. демонстрирует ли он умение, как часть необходимой компетенции? А может быть, в условиях, когда существует возможность использования ИИ, этого умения и не требуется. Может быть, теперь возникает необходимость изменения требований не только к результатам обучения, но и к содержанию образования, а может быть, и к самой основе организации инженерного образования – к её парадигме?

Касаюсь инженерного образования и принимая во внимание краткое описание этого вызова, можно допустить, что естественной стратегией тех, кто организывает подготовку, подготавливает будущих инженеров, является создание благоприятной среды для использования ИИ в процессе обучения с целью формирования у будущих специалистов новой (возможно, надпрофессиональной) компетенции – способности использовать ИИ при решении задач в профессиональной инженерной деятельности. Естественно, такая среда в вузе включает условия и мероприятия, обеспечивающие поддержание на высоком уровне квалификации профессорско-преподавательского состава в сфере использования ИИ, так как «нельзя научить тому, чего не умеешь делать сам».

В этом случае можно предположить, что создание благоприятной среды (комплекс условий и мероприятий) для использования ИИ в процессе подготовки инженеров в вузе обеспечит значительно более высокие результаты обучения будущих инженеров и, следовательно, приведёт к повышению качества инженерного образования и, соответственно, инженерного дела в стране.

Определение

Рассмотрение вопросов, связанных с использованием в инженерном образовании ИИ, требует принятия непротиворечивого определения понятия ИИ, используемого в обиходе современного общества.

Обратимся к классическому определению ИИ, которое дает Википедия – искусственный интеллект – свойство искусственных интеллектуальных систем выполнять творческие функции, которые традиционно считаются прерогативой человека; наука и технология создания интеллектуальных машин, особенно интеллектуальных компьютерных программ.

Можно увидеть, что ключевыми (опорными) словами в данной дефиниции, которую будем считать допущением, являются лексические единицы – *интеллект, интеллектуальный, творческие функции, человек*, которые и придают искусственному интеллекту человеческие черты. При этом эксперты полагают, что нарастание этих человеческих черт или «очеловечивание» ИИ будет идти очень стремительно [2].

Плюсы и минусы

Следуя зарождающейся традиции, авторы при подготовке статьи обратились к ИИ (к одному из представленных в интернете ChatGPT) с просьбой, назвать несколько (до 10) позиций позитивных и негативных последствий использования ИИ в инженерном образовании. После анализа ответов и некоторой их корректировки сокращённый перечень аргументов «за» и «против» использования ИИ в инженерном образовании выглядит следующим образом:

За:

1. Расширение доступа к более систематизированному содержанию образовательного контента, предоставляемого ИИ, что позволяет ускорить освоение необходимых компетенций и создаёт условия для развития критического и аналитического мышления.
2. Персонализация обучения: ИИ может адаптировать обучение под индивидуальные потребности студентов. Алгоритмы машинного обучения могут анализировать данные о знаниях и способностях каждого студента и предлагать индивидуализированные материалы и задания.
3. Усиление практического опыта: ИИ может предоставить студентам возможность практиковаться в реалистичных симуляциях и виртуальных лабораториях.
4. Повышение качества образования: использование ИИ в учебном процессе – условия для формирования новых компетенций у обучающихся, в частности, способности работать в средах с использованием ИИ.
5. Сокращение времени обучения: благодаря использованию ИИ обучение студентов может быть более эффективным и ускоренным. ИИ может предоставить мгновенную обратную связь и ответы на вопросы студентов, что помогает им быстрее усваивать материал.

6. Автоматизация рутинных задач: ИИ может взять на себя выполнение рутинных задач, освобождая время студентов и преподавателей для более творческих и сложных заданий. Это позволяет и тем, и другим сосредоточиться на разработке новых и инновационных идей.
7. Алгоритмы ИИ могут помочь анализировать и обрабатывать большие объёмы данных, выявлять тренды и предлагать новые подходы к решению сложных задач.

Против:

1. Отсутствие возможности получения реального опыта. Это может привести к тому, что выпускники будут не способны применять свои знания в реальных ситуациях.
2. Ограниченное взаимодействие с преподавателями. ИИ не может полностью заменить преподавателя в инженерном образовании. Взаимодействие с преподавателем играет важную роль в развитии культуры, стимулировании мышления, поощрении критического мышления и создании комфортной обучающей среды для студентов.
3. Ошибки и недостатки алгоритмов. ИИ не всегда предоставляет точные или оптимальные решения. Он может быть подвержен ошибкам и недостаткам алгоритмов, что может внести путаницу и недоверие в обучение студентов.
4. Опасность сокращения рабочих мест для инженеров. Использование ИИ может привести к уменьшению спроса на профессиональных инженеров на рынке труда, так как ИИ может выполнять некоторые инженерные задачи быстрее и более эффективно.
5. Недостатки в анализе и применении этических аспектов. ИИ может быть ограничен в анализе и понимании этических аспектов инженерной работы. Это может привести к игнорированию или неправильному применению этических норм и ценностей в реальной практике.
6. *Потеря междисциплинарных знаний. ИИ может фокусироваться только на конкретных областях или задачах, что может привести к потере междисциплинарных знаний. Работа инженера требует широкого круга знаний, а не только узкой специализации.
7. *Ограниченность в креативности и инновациях. ИИ ограничен в своей способности творческого мышления и генерации

новых идей. Инженеры часто сталкиваются с новыми проблемами, и им нужна способность креативно мыслить и находить инновационные решения, что ИИ может быть не способным предоставить.

8. ****Зависимость от технологии.** Использование ИИ в инженерном образовании может создать зависимость от технологии. Если система ИИ выходит из строя или не доступна, это может привести к сбою образовательного процесса и потере доступа к необходимым учебным материалам.

*Скорее всего в будущем этих недостатков не будет.

**Это характерно для любых технологий.

Парадигмы и возможности

Внедрение в жизнь современного человека систем, способных выполнять творческие функции, которые традиционно считаются прерогативой человека, действительно может потребовать кардинальных изменений к организации высшего образования вообще и инженерного образования в частности.

Ещё в середине XX в., когда человечество обратило внимание на факт влияния образования на научно-технический и технологический прогресс – отклик мировой образовательной общественности на запуск первого космического спутника и первого человека в космос – результат эффективной системы образования.

Парадигма высшего образования, на которую ориентировались при его организации в XX в., а может быть и ранее, предполагала, прежде всего, высокий уровень изучения и освоения студентами фундаментальных, естественно-научных дисциплин – физика, математика, химия, биология и др. Плюс достаточно мощный слой общепрофессиональных, общеинженерных (в инженерном образовании) дисциплин. С учетом высокого уровня требований к учащимся, студентам (неспособных и ленивых безжалостно отчисляли) весь этот багаж давал возможность выпускникам инженерных программ при существующих тогда темпах развития техники и технологии осуществлять успешную инженерную деятельность через 20 и 30 лет после окончания вуза. В этом и заключалась главная особенность этой, возможно, исходной парадигмы образования. Именно этим объясняли опережающие результаты и успехи СССР в освоении космоса в середине прошлого века.

В конце XX в., когда темпы развития техники и технологии выросли до такой степени, что всё, что с ними происходило, стали называть «технологической революцией», попытка придерживаться этой парадигмы в организации инженерного образования привела к острым неоднозначным реакциям в преподавательской среде и в реальном секторе экономики (производство, общество, власть, бизнес). Наиболее яркой иллюстрацией такой реакции со стороны реального сектора экономики может служить открытие при крупных вертикально-интегрированных компаниях корпоративных университетов (в мире и России), объявление проектов «ТОП 5-100» и «Приоритет-2030» и других «грантовых» проектов, цели которых связаны с необходимостью обеспечивать более высокий уровень образования, в том числе инженерного [3–6]. Другими примерами таких реакций, но уже со стороны инженерно-образовательного сообщества, является инициатива профессора Эдварда Кроули – CDIO (задумай, спроектируй, выполни, управляй) и зародившаяся в 2000 г. в Массачусетском технологическом университете (MIT, США), подхваченная сегодня более чем полтора сотнями университетов в мире (в России – около 20) идея создания и функционирования базовых кафедр в составе предприятий, применение практико- и проблемно-ориентированных образовательных технологий (Problem-Based Learning – PBL) и др. [7]. В это же время в высшей школе произошли изменения, которые позволили увидеть признаки другой, новой парадигмы образования. В частности, признаки этой парадигмы в инженерном образовании проявились в существенном сокращении объёмов изучения как раз фундаментальных и общеинженерных дисциплин. Вместо этого появились «короткоживущие» дисциплины, позволяющие подготовить будущих инженеров для решения производственных задач в ближнем горизонте 5–10 лет. При этом появились и вошли в учебные планы дисциплины, формирующие надпрофессиональные компетенции, – менеджмент, управление проектами, информационные технологии, цифровые технологии, программирование и другие «модные» дисциплины. Недостаток профессиональных компетенций предполагалось компенсировать постоянным обучением в течение предстоящей жизни. Так что главным принципом этой парадигмы (вторая половина 1990-х – первая четверть 2000-х) можно счи-

тать принцип «Обучение через всю жизнь». Можно предположить, что это было главным импульсом к созданию корпоративных университетов, разработке и реализации массы курсов повышения квалификации, включению в учебные планы упомянутых дисциплин, в ущерб фундаментальным, общеинженерным и профессиональным дисциплинам. Опыт прошедших десятилетий показал, что реализация этой парадигмы привела к бесконтрольному увеличению выпускников вузов с дипломами менеджеров, юристов, экономистов, которые пришли на места руководителей предприятий и структур без знания основ и уж тем более деталей технологических процессов, которыми им предстояло управлять. При таком подходе, естественно, возникает необходимость в постоянном повышении квалификации в профессиональной области, что далеко не всегда приводит к получению ожидаемого результата. Всё-таки освоение искусства программирования и цифровизации без знания основ и принципов работы конкретной конструкции, технологии её изготовления и эксплуатации не гарантирует достижения успехов в инженерной деятельности. Инструменты для её совершенствования не есть сама деятельность, нужна специальность.

Новые реалии – ИИ, цифровизация, Big Date, машинное обучение, и их быстрое развитие привели к ещё большему соблазну «разбавления» набора дисциплин в учебном плане новыми дисциплинами и сокращению числа и объёма дисциплин специальности. С большой долей уверенности можно предположить, что этот процесс будет сопровождать нас и в перспективе, усиливая остроту проблемы поиска ответов на поступающие инженерному образованию вызовы. Результаты исследования

проблем в деле подготовки инженерных кадров в России за последние 10–15 лет убедительно свидетельствуют о том, что, отвечая на эти вызовы, инженерному образованию едва ли следует опираться на принципы как первой, так и второй парадигмы [8–10].

Может ли в этих условиях быть найден некий новый фундамент инженерной подготовки, позволяющий инженеру длительно осуществлять успешную профессиональную инженерную деятельность? Возможно ли отыскать сегодня некий аналог той мощной фундаментальной подготовки будущего инженера, которая была свойственна первой, возможно, исходной парадигме инженерного образования?

Ответы на эти вопросы можно найти при анализе публикаций исследований качества инженерного образования, проводимых в последние годы в Томском политехническом университете и в ряде других российских и зарубежных университетов, при координирующей деятельности Ассоциации инженерного образования России [11–13].

Анализ продуктов этих исследований позволяет сформулировать и представить образ результата рациональной образовательной деятельности при организации современного инженерного образования (рис. 1).

Этот подход позволяет сформулировать основополагающий принцип возможной новой парадигмы инженерного образования, обеспечивающий адаптивность системы инженерного образования к быстро изменяющимся условиям.

В первом представлении этот принцип формулируется следующим образом: *«инженерное мышление и мотивация к самосовершенствованию – фундамент будущей успешной*

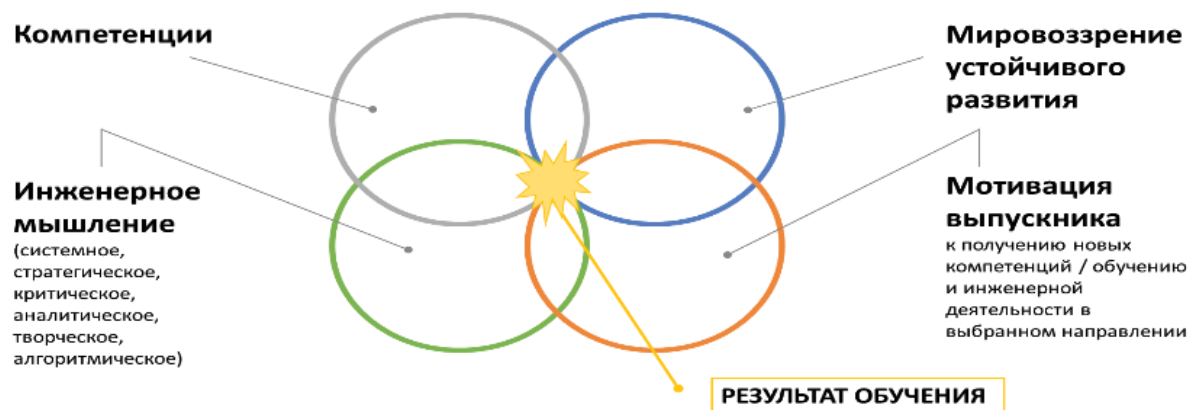


Рис. 1. Образ результата обучения выпускника инженерной образовательной программы
Fig. 1. Image of the learning outcome of a graduate of an engineering educational program

инженерной деятельности для обеспечения устойчивого развития» [11].

Речь идёт о том, что в условиях быстро меняющихся технологий и фундаментальных принципов создания новых образцов техники и технологии аналогом мощного багажа фундаментальных знаний может стать хорошо развитое инженерное мышление и высокая мотивация выпускника вуза к обучению (самосовершенствованию) и труду в выбранной сфере инженерной деятельности. Естественно, в этих условиях в парадигме образования должна просматриваться и цель инженерной деятельности – устойчивое развитие, основанное на реализации принципов человеко-, природолюбия и бережливого расходования ресурсов.

Разумеется, инженерное мышление может быть успешно развито только при сбалансированном объёме накопленных у студента компетенций, включающих необходимый объём фундаментальных и общеинженерных знаний в выбранной области инженерной деятельности и практических навыков выполнения инженерных проектов.

Предполагается, что именно на этом фундаменте должно непрерывно (и после окончания вуза) достраиваться здание адаптивных (необходимых в последующие периоды профессиональной деятельности) компетенций инженера.

То есть сформированное в вузе на высоком уровне инженерное мышление даст возможность подготовленному специалисту решать задачи, возникающие в будущем в сфере его профессиональной деятельности с горизонтом не 25–30 лет, а на всю его профессиональную производственную, а возможно, и физическую жизнь, обеспечивая высокий уровень технологической культуры населения.

Важнейшая роль в этой модели отводится развитию инженерного мышления, мотивации к самосовершенствованию и труду в выбранной сфере инженерной деятельности и формированию мировоззрения устойчивого развития. Представляется, что формирование у студентов в процессе учёбы в вузе этих поведенческих характеристик позволит им быть успешными на протяжении всей профессиональной инженерной деятельности, несмотря на изменяющиеся условия.

Нет сомнения в том, что в условиях ускоренного развития техники и технологии «срок действия» приобретённых в вузе компетенций

будет существенно сокращаться. Освоение новых инженерных компетенций и подходов для решения новых (не известных) инженерных задач возможно только при наличии у специалиста особого инженерного мышления, включающего системное, критическое, аналитическое, творческое и алгоритмическое мышление, а также высокого уровня заинтересованности в результатах своего труда и своей роли в получении этого результата. Это и будет служить основанием, фундаментом для приобретения новых компетенций и получения новых инженерных решений при появлении новых задач в области техники и технологии.

Мировоззрение устойчивого развития как набор ценностей инженера, включающий в себя бережливое расходование ресурсов, сохранность природной среды, этичность использования инженерного потенциала и результатов инженерного труда, уважения к личности человека и его правам, – необходимое условие обеспечения устойчивого развития человеческого общества на планете Земля и высокого качества жизни человека. На современной стадии развития цивилизации и жизни на планете Земля это качество инженера представляется весьма необходимым [14].

Управление процессом подготовки будущего инженера, результатами его обучения возможно только при наличии методов количественной оценки каждого из конкретных составляющих результата. Исследования, проведённые в Томском политехническом университете, позволили разработать и апробировать эти методы [15]. Полученные математические модели позволили получать цифровые модели результата обучения студента – «цифровой портрет/двойник студента», а также оценивать результативность деятельности преподавателя – «цифровой портрет преподавателя». В перспективе на базе исследований могут быть разработано ПО для самооценки и самоанализа учебной деятельности студентов и ППС.

«Цифровой портрет» студента/выпускника инженерной программы в современной парадигме выглядит следующим образом (рис. 2) [11].

Разработанные методы количественной оценки результатов обучения открывают возможности целевого управления уровнем подготовки выпускников к профессиональной инженерной деятельности с целью более полного удовлетворения стейкхолдеров и, следовательно, обеспечению более высокого качества инженерного образования [15–17].

$$Ri.a.=\{Ci.r.f.\sum*\gamma_c+Si.r.f.*\gamma_s+Ei.r.f.\sum*\gamma_E+Mi.r.f.\sum*\gamma_M\},$$

где Ri.a. – обобщённый результат обучения конкретного студента/выпускника.

$Ci.a.\sum$	показатель (0–1) достигнутого уровня сформированности всех (суммы) компетенций (Competencies) у конкретного выпускника
$Si.a.f$	показатель (0–1) достигнутого уровня сформированности мировоззрения устойчивого развития (Sustainable development);
$Ei.a.\sum$	показатель (0–1) достигнутого уровня развития всех видов (суммарно) инженерного мышления (Engineering thinking);
$Mi.a.\sum$	показатель (0–1) достигнутого уровня мотивации (Motivation) выпускника к самосовершенствованию и инженерной деятельности (суммарно);
$\gamma_c, \gamma_s, E, \gamma_M$	удельный вес (0–1), соответственно, каждой из составляющих обобщённого результата обучения, характеризующий её вклад в общий результат.

Рис. 2. «Цифровой портрет» студента/выпускника инженерной программы в современной парадигме

Fig. 2. "Digital portrait" of a student/graduate of an engineering program in a modern paradigm

Заключение

Искусственный интеллект – реальность, которую нельзя не учитывать, и изучение его роли как инструмента и среды для подготовки и функционирования нового поколения инженеров – неотложная задача.

Уровень развития инженерного мышления, мотивации выпускников к самосовершенствованию и степень сформированности мировоззрения устойчивого развития – неотъемлемые поведенческие характеристики выпускника в современной парадигме инженерного образования с «очеловеченным» ИИ.

Проверка такой гипотезы требует проведения специальных исследований педагогического процесса подготовки инженеров, задачи которого могут быть сформулированы следующим образом:

1) создать условия для публичного обсуждения направлений совершенствования парадигмы инженерного образования;

- 2) разработать (при необходимости) новую концепцию организации инженерного образования, соответствующую возникшим условиям, обусловленным появлением ИИ;
- 3) определить спектр требований к содержанию и форме контроля результатов обучения будущих инженеров в условиях использования ИИ;
- 4) установить уровень необходимых компетенций и создать условия для их освоения преподавателями, работающими в среде с активным и насыщенным использованием ИИ;
- 5) определить уровень необходимых компетенций студентов как квалифицированных пользователей ИИ (вполне возможно, с последующей сертификацией);
- 6) на основании полученных результатов исследования разработать методические рекомендации/программы по повышению квалификации преподавателей, участвующих в реализации инженерных образовательных программ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рейтинг вузов по качеству подготовки специалистов в области искусственного интеллекта (ИИ) // Альянс в сфере искусственного интеллекта. – 2023. URL: <https://a-ai.ru/> (дата обращения 10.09.2023)
2. Искусственный интеллект // Википедия. URL: <https://clck.ru/9KEeC> (дата обращения 10.09.2023)
3. Плотникова Н.В., Казаринов Л.С., Барбасова Т.А. Инженерное образование сегодня: проблемы модернизации // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2015. – Т. 15. – № 1. – С. 145–151.
4. Чанько А.Д., Баснер А.А.В. Корпоративные университеты: анализ деятельности в международных исследованиях // Российский журнал менеджмента. – 2015. – Т. 13. – № 3. – С. 79–110.
5. Шибанова Е.Ю., Платонова Д.П., Лисюткин М.А. Проект 5–100: динамика и паттерны развития университетов // Университетское управление: практика и анализ. – 2018. – Т. 22. – № 3. – С. 32–48. DOI: 10.15826/umpra.2018.03.025.
6. «О мерах по реализации программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030». Постановление Правительства РФ от 13 мая 2021 г. N 729. URL: <https://base.garant.ru/400793960/> (дата обращения 10.09.2023)

7. Переосмысление инженерного образования. Подход CDIO / Э.Ф. Кроули, Й. Малмквист, С. Остлунд, Д.Р. Бродер, К. Эдстрем // Библиотека журнала «Вопросы образования». – М.: ИД ВШЭ, 2015. – 504 с.
8. Обеспечение и оценка качества высшего образования / Ю.П. Похолков, А.И. Чучалин, О.В. Боев, С.Б. Могильницкий // Высшее образование в России. – 2004. – № 2. – С. 12–27.
9. Похолков Ю.П., Чучалин А.И., Боев О.В. Гарантии качества подготовки инженеров: аккредитация образовательных программ и сертификация специалистов // Вопросы образования. – 2004. – № 4. – С. 125–141. URL: <https://vo.hse.ru/article/view/14822> (дата обращения 10.09.2023).
10. De Graaf E., Kolmos A. Characteristics of problem-based learning // International Journal of Engineering Education. – 2003. – V. 19. – № 5. – P. 657–662. URL: <https://www.ijee.ie/articles/Vol19-5/IJEE1450.pdf> (дата обращения 10.09.2023).
11. Похолков Ю.П. Подходы к оценке и обеспечению качества инженерного образования // Инженерное образование. – 2021. – Вып. 31. – С. 93–106.
12. Пукшанский Б.Я. Представления об инженерном мышлении, техническая картина, мировоззрение инженера // Записки горного института. – 2010. – Т. 187. – С. 188–201.
13. Approaches to assessing the level of Engineering Students' Sustainable Development Mindset / Yu. Pokholkov, M. Horvat, J.C. Quadrado, M. Chervach, K. Zaitseva // 2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON). – Porto, Portugal, 2020. – P. 1102–1109. DOI: 10.1109/EDUCON45650.2020.9125292
14. Lee Yee Cheong. Evidence based education and the UN Sustainable Development Goals (SDGs). 2016–2030 // Children and Sustainable Development. – Cham: Springer International Publ., 2017. – P. 85–92. DOI: 10.1007/978-3-319-47130-3_7
15. Савинова О.В., Муравлев И.О. Изучение подхода с использованием количественных методов для измерения уровня подготовленности студентов к профессиональной деятельности // Инженерное образование. – 2021. – Вып. 31. – С. 78–85. URL: https://aeer.ru/files/io/m31/art_8.pdf (дата обращения 10.09.2023)
16. Рубин Ю.Б., Соболева Э.Ю. Независимость оценки качества высшего образования: критерии, принципы, реалии // Высшее образование в России. – 2021. – Т. 30. – № 3. – С. 1–17.
17. Гусятников В.Н., Безруков А.И., Каюкова И.В. Количественные методы оценки уровня компетенций для систем управления качеством образования // Современные технологии управления. – 2015. – № 3 (51). – С. 1–10. URL: <https://sovman.ru/article/5105/> (дата обращения 10.09.2023)

Поступила: 21.09.2023

Принята: 20.12.2023

UDC 378

DOI 10.54835/18102883_2023_34_16

ARTIFICIAL INTELLIGENCE: TOWARDS A NEW PARADIGM IN ENGINEERING EDUCATION?

Yuri P. Pokholkov¹,

Dr. Sc., Professor, Head of Educational and Scientific Center
“System Analysis and Management in Engineering Education”,
pyp@tpu.ru

Kseniya K. Zaitseva²,

Cand. Sc., Director,
kkzaitseva@gmail.com

Evgeniya V. Isaeva¹,

Cand. Sc., Associate Professor, Educational and Scientific Center
“System Analysis and Management in Engineering Education”,
naiden@tpu.ru

Igor O. Muravlev¹,

Cand. Sc., Associate Professor, Chief Specialist,
iom@tpu.ru

¹ National Research Tomsk Polytechnic University,
30, Lenin avenue, Tomsk, 634050, Russia

² Accreditation Center of the Association of Engineering Education of Russia,
6, bld. 21, room 412, technical floor, Leninsky avenue, Moscow, 119049, Russia

This article attempts to outline the positive and negative consequences of using artificial intelligence in engineering education and explores potential responses within the engineering education system to not only sustain but also effectively develop implementing the capabilities of artificial intelligence. The article provides description of previous and potential new paradigms in engineering education in the context of turbulence in the fields of science, technology, and education. It discusses the possibility of creating a specific environment within universities for engineering students, aiming to develop not only their professional skills but also their behavioral attributes, such as motivation, engineering thinking, and mindset. New learning outcomes in engineering education are described, considering the emergence of new tools and opportunities for solving engineering problems. Mathematical models are introduced to create a digital profile of engineering program graduates.

Keywords: engineering education, artificial intelligence, educational paradigm, digital profile, quality of engineering education, mathematical model, learning outcomes, technological revolution, engineering thinking, motivation, sustainable development mindset

REFERENCES

1. Reiting vuzov po kachestvu podgotovki spetsialistov v oblasti iskusstvennogo intellekta (II) [Rating of universities by the quality of training of specialists in the field of artificial intelligence (AI)]. *Alyans v sfere iskusstvennogo intellekta* [Alliance in the field of artificial intelligence]. 2023. Available at: <https://a-ai.ru/> (accessed 10 September 2023).
2. Iskusstvenny intellekt [Artificial intelligence]. *Wikipedia*. Available at: <https://clck.ru/9KEeC> (accessed 10 September 2023).
3. Plotnikova N.V., Kazarinov L.S., Barbasova T.A. Inzhenernoe obrazovanie segodnya: problemy modernizatsii [Engineering education today: problems of modernization]. *Vestnik YUUrGU. Seriya «Kompyuternye tekhnologii, upravlenie, radioelektronika»*, 2015, vol. 15, no. 1, pp. 145–151.
4. Chanko A.D., Basner A.A.V. Korporativnye universitety: analiz deyatel'nosti v mezhdunarodnykh issledovaniyakh [Corporate universities: analysis of activities in international research]. *Rossiyskiy zhurnal menedzhmenta*, 2015, vol. 13, no. 3, pp. 79–110.
5. Shibanova E.Yu., Platonova D.P., Lisyutkin M.A. Proyekt 5–100: dinamika i patterny razvitiya universitetov [Project 5–100: dynamics and patterns of university development]. *Universitetskoe upravlenie: praktika i analiz*, 2018, vol. 22, no. 3, pp. 32–48. DOI: 10.15826/umpa.2018.03.025.

6. «O merakh po realizatsii programmy strategicheskogo akademicheskogo liderstva "Prioritet-2030"». Postanovlenie Pravitelstva RF ot 13 maya 2021 g. N 729 ["On measures to implement the strategic academic leadership program "Priority 2030". Decree of the Government of the Russian Federation of May 13, 2021 N 729]. Available at: <https://base.garant.ru/400793960/> (accessed 10 September 2023).
7. Krouli E.F., Malmkvist Y., Ostlund S., Broder D.R., Edstrem K. *Pereosmyslenie inzhenernogo obrazovaniya. Podkhod CDIO* [Rethinking engineering education. CDIO approach]. Moscow, HSE Publ. House, 2015. 504 p.
8. Pokholkov Yu.P., Chuchalin A.I., Boev O.V., Mogilnitskiy S.B. Obespechenie i otsenka kachestva vysshego obrazovaniya [Ensuring and assessing the quality of higher education]. *Vysshee obrazovanie v Rossii*, 2004, no. 2, pp. 12–27.
9. Pokholkov Yu.P., Chuchalin A.I., Boev O.V. Garantii kachestva podgotovki inzhenerov: akkreditatsiya obrazovatelnykh programm i sertifikatsiya spetsialistov [Guarantees of the quality of training of engineers: accreditation of educational programs and certification of specialists]. *Voprosy obrazovaniya*, 2004, no. 4, pp. 125–141. Available at: <https://vo.hse.ru/article/view/14822> (accessed 10 September 2023).
10. De Graaf E., Kolmos A. Characteristics of problem-based learning. *International Journal of Engineering Education*, 2003, vol. 19, no. 5, pp. 657–662. Available at: <https://www.ijee.ie/articles/Vol19-5/IJEE1450.pdf> (accessed 10 September 2023).
11. Pokholkov Yu.P. Podkhody k otsenke i obespecheniyu kachestva inzhenernogo obrazovaniya [Approaches to assessing and ensuring the quality of engineering education]. *Engineering education*, 2021, Iss. 31, pp. 93–106.
12. Pukshanskiy B.Ya. Predstavleniya ob inzhenernom myshlenii, tekhnicheskaya kartina, mirovozzrenie inzhenera [Ideas about engineering thinking, technical picture, engineer's worldview]. *Zapiski gornogo institute*, 2010, vol. 187, pp. 188–201.
13. Pokholkov Yu., Horvat M., Quadrado J.C., Chervach M., Zaitseva K. Approaches to assessing the level of Engineering Students' Sustainable Development Mindset. *2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*. Porto, Portugal, 2020. pp. 1102–1109. DOI: 10.1109/EDUCON45650.2020.9125292
14. Lee Yee Cheong. Evidence Based Education and the UN Sustainable Development Goals (SDGs). 2016–2030. *Children and Sustainable Development*. Cham, Springer International Publ., 2017. pp. 85–92. DOI: 10.1007/978-3-319-47130-3_7
15. Savinova O.V., Muravlev I.O. Izuchenie podkhoda s ispolzovaniem kolichestvennykh metodov dlya izmereniya urovnya podgotovlennosti studentov k professionalnoy deyatel'nosti [Studying an approach using quantitative methods to measure the level of students' preparedness for professional activities]. *Engineering Education*, 2021, Iss. 31, pp. 78–85. Available at: https://aeer.ru/files/io/m31/art_8.pdf (accessed 10 september 2023).
16. Rubin Yu.B., Soboleva E.Yu. Nezavisimost otsenki kachestva vysshego obrazovaniya: kriterii, printsipy, realii [Independence of assessing the quality of higher education: criteria, principles, realities]. *Vysshee obrazovanie v Rossii*, 2021, vol. 30, no. 3, pp. 1–17.
17. Gusyatnikov V.N., Bezrukov A.I., Kayukova I.V. Kolichestvennyye metody otsenki urovnya kompetentsiy dlya sistem upravleniya kachestvom obrazovaniya [Quantitative methods for assessing the level of competencies for education quality management systems]. *Sovremennyye tekhnologii upravleniya*, 2015, no. 3 (51), pp. 1–10. Available at: <https://sovman.ru/article/5105/> (accessed 10 September 2023).

Received: 21.09.2023

Accepted: 20.12.2023