



## МОДЕРНИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ

УДК 378::62-042.4:004  
DOI 10.20339/AM.11-24.008

**Д.П. Данилаев,**  
д-р техн. наук, доцент,  
заведующий кафедрой электронных и квантовых средств передачи информации  
e-mail: dpdani laev@kai.ru

**Н.Н. Маливанов,**  
д-р пед. наук, профессор,  
заведующий кафедрой автоматизации и управления,  
e-mail: nnmalivanov@kai.ru  
Казанский национальный исследовательский технический  
университет им. А.Н. Туполева (КНИТУ-КАИ)

## ЦИФРОВИЗАЦИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ЧАСТЬ 1: ПРОБЛЕМЫ, ЦЕЛЕВЫЕ ЗАДАЧИ И НАПРАВЛЕНИЯ<sup>1</sup>

*Цифровые технологии оказывают существенное влияние на социальную и производственную сферы, где выступают катализатором инноваций, модернизации промышленной структуры и направлений развития в рамках концепций Индустрии 4.0 и 5.0. В этом контексте рассматривается понятие и сущность цифровой среды инженерного образования и проводится осмысление ее роли в системной трансформации. Цель статьи – определение задач цифровизации инженерного образования и, исходя из этого, ее направлений и элементов.*

*Возникающие проблемы цифровизации системы инженерного образования, на наш взгляд, так или иначе связаны с масштабом и качеством охвата ее основных функций и процессов. Эти проблемы можно условно структурировать по внешним и внутренним факторам, а также по субъективным и объективным причинам их возникновения. Цифровизация образования может быть направлена на обеспечение персонализированной настройки подготовки будущего инженера на основе согласования интересов студентов, работодателей и вузов.*

*В связи с индустриальной цифровизацией на практике реализуются понятия персональной промышленной автоматизации и настройки производства, в связи с чем должно трансформироваться и инженерное мышление. Важными дополнительными основаниями современного инженерного мышления становятся коммуникации, гуманистическое начало в креативном мышлении, а также опыт критического мышления. Для формирования креативного инженерного мышления требуется релевантная среда, в том числе и информационная.*

**Ключевые слова:** инженерное образование, цифровизация образования, электронное образование, подготовка технических специалистов, подготовка инженеров, взаимодействие вузов и работодателей, информационная образовательная среда, информатизация образования, цифровое образование.

<sup>1</sup> **Благодарности.** Научные исследования проведены при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках исполнения обязательств по Соглашению № 075-03-2024-067 от 17.01.2024.

**Acknowledgement.** Scientific research was carried out with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation as part of the fulfillment of obligations under the Agreement number 075-03-2024-067 from 17.01.2024.

## DIGITAL ENVIRONMENT OF ENGINEERING EDUCATION PART 1: PROBLEMS, TARGETS AND DIRECTIONS

**Dmitriy P. Danilaev**, Dr. Sc. (Engineering), Head of the Department of Electronic and quantum devices for information transmission, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev (KNITU-KAI); SPIN: 9783-7717, <https://orcid.org/0000-0001-6536-2334>, e-mail: [dpdanilaev@kai.ru](mailto:dpdanilaev@kai.ru)

**Nikolay N. Malivanov**, Dr. Sc. (Pedagogy), Head of the Department of Automation and control, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev (KNITU-KAI), e-mail: [nmmalivanoav@kai.ru](mailto:nmmalivanoav@kai.ru)

*Digital technologies have a significant impact on the social and industrial spheres, where they act as a catalyst for innovation, modernization of the industrial structure and development directions according to Industry 4.0 and 5.0 concepts. In this context, the concept and essence of the engineering education digital environment is considered, and its role is analyzed in systemic transformation. The purpose of the article is to identify the tasks for engineering education digitalization and its directions and elements, based on this.*

*The emerging problems of the engineering education system digitalization are related to the scale and quality of its main functions and processes coverage, in our opinion. These problems can be conditionally structured according to external and internal factors, as well as subjective and objective reasons for their occurrence. Digitalization of education can be aimed at personalized training providing of future engineers based on the interests coordinating of students, employers and universities.*

*The concepts of personal industrial automation and production setup are being implemented in practice in connection with industrial digitalization, and therefore engineering thinking must also be transformed. Important additional foundations of modern engineering thinking are communications, humanistic principles in creative thinking, as well as the experience of critical thinking. A relevant information environment is required to develop creative engineering thinking.*

**Keywords:** *engineering education, digitalization of education, e-education, technical specialists training, engineers training, interaction between universities and employers, information educational environment, informatization of education, digital education*

### Введение

На семинаре-совещании по модернизации высшего образования в ноябре 2023 г. министр науки и высшего образования Российской Федерации В.Н. Фальков отметил тренды развития образования в России и в мире: непрерывное образование; цифровизация; управление на основе данных и искусственный интеллект; рост студенческой мобильности и сетевых программ. К цифровизации отнесены такие составляющие, как контент, каналы передачи, вовлечение и оценка. Отмеченные в докладе министра крупные проекты технологического суверенитета России все связаны с развитием производства и инженерной деятельностью. Поэтому проблемы модернизации в первую очередь важны именно для системы инженерного образования. Важным направлением цифровизации образования, на наш взгляд, является цифровая платформа, которая может стать элементом расширения информационного взаимодействия с рынком труда, интеграции усилий и средств по технологическому и пространственному развитию университетов, согласованному с распространением цифровых технологий в промышленности.

В промышленном секторе экономик многих стран мира в настоящее время реализуются концепции Индустрия 4.0 и Индустрия 5.0, которые в условиях глобализации сохраняют актуальность и для отечественной промышленности. Эти концепции практически декларируют четвертую промышленную революцию, основанную на информационных, интеллектуальных технологиях и направленную на повышение производительности, операционной эффективно-

сти, разработку новых бизнес-моделей, производственных процессов, технологий, услуг и продуктов. В целом концепция Индустрия 4.0 фокусируется на метаморфозе всех промышленных компонентов на основе мощной цифровой (инфраструктурной и программной) поддержки. Индустрия 5.0 развивает и дополняет предыдущую концепцию за счет обращения к потенциальным возможностям искусственного интеллекта, интеллектуальной автоматизации и роботизации производств. Под влиянием мероприятий последней концепции должна появиться персонализация промышленной автоматизации.

Принципиально новым в этом подходе является отказ от шаблонов и переход к персональной настройке производства продукции под потребности каждого клиента. При этом, с одной стороны, предприятия среднего и малого бизнеса с меньшими объемами выпуска могут оказаться более конкурентоспособными, чем крупные предприятия. С другой стороны, решающим фактором конкурентоспособности предприятий становятся творческое начало в работе инженеров, их клиентоориентированность на любом рабочем месте, умение общаться, понимать потребности заказчика и адаптировать производственные процессы под эти потребности.

Поэтому вопросы цифровизации инженерного образования целесообразно рассматривать в контексте построения цифровой экономики, цифровизации индустрии, в том числе в контексте программ концепций Индустрия 4.0 и 5.0. Хотя с учетом происходящих в стране и в мире событий за последние два года можно отметить особые тенденции в реализации концепции цифровизации промышленности

в России, в том числе заключающиеся в необходимости модернизации производств для получения продуктов нового качества, нового класса и функционального уровня, но при сохранении объемов выпускаемой продукции, а также при условии сопряжения этой продукции с другими изделиями в рамках более сложных технических комплексов и систем.

С цифровизацией инженерного образования возникает двойственная ситуация. А именно: в процессе цифровизации высшее техническое образование требует специализированных ресурсов для подготовки современного инженера, адаптированного к новому информационному и интеллектуальному производству в выбранной им самим предметной области. При этом высшее техническое образование само является предметом цифровизации.

На стратегию цифровизации образования существенное влияние оказывают разрывы между вузами и работодателями. Это разрывы в материальном оснащении, в доступных информационных ресурсах, инфокоммуникационной и вычислительной инфраструктуре. Идеологический, иерархический и экономический разрывы между промышленностью и образованием имеют множество проявлений. Например, задачи генерации и реализации инновационных знаний ставятся отдельно для предприятий, организаций и образовательных учреждений, они не являются общими задачами, а потому и решаются независимо и несвязно между собой, в каждой из систем. Отмечаются еще и смысловые разрывы между требованиями работодателей, профессиональными и образовательными стандартами [1]. Но пока задачи цифровизации и соответствующей подготовки кадров не станут общими для промышленности и инженерного образования, они останутся существовать в параллельных реальностях, не связанных между собой, обрекая на низкую эффективность всё дальнейшее развитие общества.

Принцип максимума Л.С. Понрягина – любую сложную по составу и структуре систему можно настроить по частям, подсистемам и элементам, из которых она состоит, – не работает в сложных социально-экономических системах [2]. Настраивая в них на оптимальное состояние одни компоненты, мы расстраиваем другие, вследствие чего эффективность сложной системы может снижаться. Например, если вкладываться в цифровое развитие производства, оставляя при этом в стороне инженерное образование, подготовку квалифицированных специалистов, воспитание, профориентацию и мотивацию молодежи, то эффективность развития в долгосрочной перспективе остается под вопросом.

В описанных условиях цифровизация инженерного образования как один из способов и средств технологического и пространственного развития университетов представляется комплексной задачей, связанной как с целями самой системы инженерного образования, так и с общей

концепцией индустриальной цифровизации, под которой понимают повышение объемов и эффективности производства за счет применения цифровых технологий [3]. Разработка концепции цифровизации инженерного образования требует осмысления ее предназначения в подготовке инженеров и кадровом обеспечении предприятий и организаций. В данной работе предпринята попытка определить новые задачи цифровизации инженерного образования и, исходя из этого, выявить ее направления и элементы.

## Проблемы цифровизации инженерного образования

Понятие цифровизации в образовании можно раскрыть на основе известных определений этого понятия – как социально-экономический феномен, «процесс использования цифровых технологий и информации для изменения бизнес-процессов с целью» повышения эффективности подготовки, «производительности» системы, доступности качественного образования [4. С. 94]. «По определению специалистов Центра стратегических разработок Российской Федерации цифровизация экономики – это в широком смысле процесс переноса в цифровую среду функций и деятельности (бизнес-процессов), ранее выполнявшихся людьми и организациями» [2. С. 101]. Такое определение не только достаточно емкое для нашего контекста, но и опасное. Опасность в случае образовательных систем заключается в ассоциации бизнес-процессов только с учебным процессом, хотя для инженерного образования не менее важно взаимодействие с партнерами, формирование инновационной среды инженерной деятельности и подготовки соответствующих кадров. Поэтому мы согласны с Э.М. Димовым и О.Н. Масловым, что понятие «интерфейс программирования приложений» более точно передает конкретную сущность цифровой экономики [2]. Причем под приложениями в широком смысле можно понимать функционал инженерного образования в социально-экономическом укладе страны.

Система высшего технического образования представляется открытой, динамичной социальной системой. Все процессы этой системы выстраиваются с учетом потребностей общества, запросов работодателей и абитуриентов, но также с учетом сложившихся внутренних структуры, устоев и принципов. И проблемы цифровизации возникают под влиянием внутренних и внешних факторов. Не претендуя на полноту классификации, структурируем некоторые проблемы цифровизации инженерного образования в табличном виде (табл. 1).

Остановимся на некоторых из перечисленных проблем. Обычно цифровизация в образовании ассоциируется с при-

Таблица 1

Проблемы цифровизации инженерного образования

Внутренние	Внешние
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Консервативность академического сообщества по отношению к инновациям.</li> <li>◆ Подмена проектной практико-ориентированной подготовки визуализацией и наглядным обучением. Оторванность обучающихся от реального оборудования и производственных процессов.</li> <li>◆ Устоявшееся восприятие цифровизации образования как формирования электронной образовательной среды.</li> <li>◆ Неоднозначность оценки полноты, достоверности и адекватности цифровых двойников в образовании, виртуальных аналогов реального оборудования, процессов и др.</li> <li>◆ Недостаточность инфраструктурного, методического и кадрового обеспечения цифровизации, включая материально-техническое оснащение (лицензионные программы, вычислительная техника и др.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Неопределенность понятий «цифровой грамотности населения» и «цифровой компетентности инженера».</li> <li>◆ Ограниченность межсубъектного информационного взаимодействия и интеграции вузов и работодателей.</li> <li>◆ Различная ведомственная подчиненность стратегии цифровизации индустрии и образования.</li> <li>◆ Измененный и динамически обновляемый функционал инженера цифрового предприятия.</li> <li>◆ Новые цели цифровизации образования в свете реализации концепций цифровизации промышленности</li> </ul>
Субъективные	Объективные
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Различия в уровне текущей подготовки студентов и преподавателей (компьютерной грамотности).</li> <li>◆ Негативное восприятие дистанционного и электронного обучения обществом, включая преподавателей, студентов, родителей и работодателей.</li> <li>◆ Особенности программного и технического обеспечения в конкретной предметной области</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Разнообразие выбора продуктов и предложений в области цифровизации, их быстрое обновление.</li> <li>◆ Совместимость новых технологий и элементов цифровой информационной среды.</li> <li>◆ Недостаточное внимание к индустрии цифровизации и промышленной коммуникационной инфраструктуре в подготовке инженеров</li> </ul>

менением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, а также с информационными системами мониторинга деятельности вузов и преподавателей. Считается, что инфокоммуникационные технологии создают удобство для учебной работы, открывают новые возможности для получения и систематизации необходимой информации, способствуют формированию определенных компетенций, прежде всего цифровых [5]. Но принципиального влияния на уровень профессиональных способностей и качество профессиональной подготовки под их влиянием пока практически не происходит. Мы думаем, что причина этого лежит в необходимости формирования навыков и опыта, необходимых для будущего инженера, а также в недостаточных условиях организации проектной деятельности. В результате цифровые технологии используются часто просто как вариант замены доски с мелом.

Для высшего и среднего профессионального образования существовали перечни направлений подготовки и специальностей, по которым не допускалось получение образования по заочной форме и в экстернате, утвержденные постановлениями Правительства в 1997 г. В 2014 г. приказом Министерства образования и науки РФ утвержден перечень специальностей СПО, по которым не допускается реализация образовательных программ с применением исключительно электронного обучения. В действующих образовательных стандартах эта тенденция сохранилась.

Более того, с 1 сентября 2021 г. вступили в силу требования ФГОС по ряду направлений подготовки, отменяющие возможность поступления на заочную форму обучения после 11 класса и колледжа. По ним обучение в заочной форме допускается только при получении второго высшего образования.

В чем причина таких решений? Мы полагаем – в реально длительном сроке освоения азов и средств профессии инженера, формирования необходимых компетенций и навыков, а также опыта работы с реальным оборудованием. Но конкретные критерии принятия таких решений относительно отдельных образовательных программ до конца не раскрыты. В образовательных стандартах есть лишь четкое указание на следующие условия. По большинству программ бакалавриата в инженерном образовании не допускается их реализация с применением исключительно электронного обучения, дистанционных образовательных технологий. Также реализация части образовательной программы и государственной итоговой аттестации, в рамках которых используются сведения ограниченного доступа или в учебных целях используются секретные изделия и их комплектующие, не допускается с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий. Интересно провести параллели и уточнить требования: может быть, расширить перечень ограничений на реализацию образовательных программ с формами электронного обучения относительно технологий двойного назначения,

«ноу-хау», технологий, составляющих коммерческую тайну, и др. Считаем актуальным проведение дискуссий по этим вопросам на уровне учебно-методических объединений для коллегиального общего решения. На этом же этапе актуально определить общие требования к организации форм и к средствам электронного обучения в инженерном образовании.

Исследование итогов дистанционного обучения во время пандемии отражает слабую эффективность его результатов, а также низкую удовлетворенность научно-педагогических работников организационно-методическим и технологическим обеспечением учебного процесса [6]. При этом разработка электронных образовательных курсов, их периодическая актуализация, перенос на новые образовательные платформы требует от преподавателей не только временных затрат, но также специфических навыков и доступа к актуальному контенту. Им необходима помощь в создании наглядного и доступного контента, в том числе видеоматериалов, цифровых двойников. Тем не менее данный вид работ считался разовым для преподавателей и не учитывался тогда и сейчас в расчете их нагрузки, в составлении расписания. Теперь оставшиеся с того времени электронные конспекты и видеолекции преподаватели иногда используют вместо очных занятий, что существенно снижает прямой контакт со студентами с его воспитательной составляющей.

Здесь важно различать онлайн-занятия и электронное обучение. На онлайн-занятиях преподаватель через средства коммуникации и с использованием современных технологий общается с аудиторией и обучает студентов. Электронное обучение построено на реализованных алгоритмах, видеозаписях, других средствах, воспроизводящих записанный контент для произвольной аудитории. Причем для инженерного образования в электронном обучении большое внимание следует уделять степени интерактивности информационных/коммуникационных средств обучения [7].

Современные цифровые технологии могут составить инновации, развивающие процесс подготовки технического специалиста [8]. Федеральными государственными образовательными стандартами (ФГОС) допускается замена оборудования его виртуальными аналогами. Но понятие виртуальных аналогов четко не определено: под это могут подпадать математические и компьютерные модели, симуляторы и тренажеры. Причем полнота и адекватность виртуальных аналогов требуют подтверждения. Несомненно, различны психологические аспекты работы на реальном и виртуальном оборудовании, с учетом возможности остановиться, всё исправить в любой момент, вернуться к началу. Но эти аспекты в инженерном образо-

вании, тем не менее, открывают возможности виртуальной среды для обучения, для реализации лабораторных или практических работ с дистанционным доступом к реальному оборудованию, под контролем преподавателей или наставников и с минимально необходимыми автоматическими ограничениями.

В системе образования существует определенный пул задач по организации взаимодействия с работодателями и их вовлечения в подготовку будущих инженеров. Это касается целевого приема и подготовки, формирования перечня целевых компетенций, рецензирования основных и дополнительных образовательных программ, участия в государственных аттестационных и экзаменационных комиссиях, организации практик, трудоустройства и обратной связи о качестве подготовки. Создание базовых кафедр способствует в том числе расширению материально-технической базы и организации подготовки будущих инженеров на реальном производственном оборудовании. В рамках цифровизации образования этот пул задач мог бы найти решение на системной основе. Путем цифровизации можно добиться расширения круга взаимодействия, а может быть, и обеспечения индивидуальных траекторий в условиях поточного обучения. Сейчас эта задача ложится на выпускающие кафедры и решается в поле их промышленных и бизнес-партнеров.

По нашему мнению, структурированные проблемы так или иначе связаны с масштабом и качеством охвата цифровизацией основных функций и процессов системы инженерного образования, в том числе взаимодействия с внешней средой и всеми вовлеченными субъектами. Под влиянием концептуальных задач Индустрии 5.0, актуальных для отечественной промышленности, цифровизация образования может быть направлена на обеспечение персонализированной настройки подготовки будущего инженера. Причем персонализация может лежать в плоскости интересов работодателей (т.е. подготовка под конкретного работодателя), либо в плоскости личности студента с учетом его способностей и интересов, либо в плоскости предложений вузов. В идеале эта настройка может осуществляться на основе согласования интересов субъектов системы высшего технического образования (вузов, студентов, работодателей) и организации решений по обеспечению такой подготовки в едином поле их информационного взаимодействия.

## Особенности инженерного образования

В профессиональном сообществе бытует мнение о месте инженеров в общественной жизни: «Мы в первую очередь люди, во вторую – инженеры, а в третью – спе-



циалисты, причем порядок очень важен» [9]. В нашем представлении, современного инженера характеризует не только набор компетенций, а особые личностные качества, инженерное мышление, творческое начало в инженерной деятельности. Эти личностные характеристики формируются в комплексном процессе профессиональных обучения и воспитания [10].

В соответствии с концепцией Индустрия 5.0 полагают, что инженерное мышление должно выйти за рамки техносферы (мира техники и технологии) и учитывать ожидания, потребности людей, нацеливаться на создание ценностей, «характеризуемых триадой показателей: выгода организации, польза потребителю, благо обществу» [11. С. 102]. Возможно, это суждение требует уточнения либо из всякого правила существуют исключения – ибо какая польза человеку, например, от электронных сигарет, какое благо обществу от оружия или от модифицированных вирусов? Не дает ли разделение общества на социальные слои права на корыстную эксплуатацию такого представления? Полагаем, можно уточнить утверждение, что инженерная деятельность преобразует не только мир техники, но и трансформирует социальные отношения. Возможно, не сама инженерная деятельность, а ее результаты могут трансформировать социальные отношения? Наверное, не стоит упрекать М.Т. Калашникова, великого конструктора стрелкового оружия, в том, что оно уносит человеческие жизни, участвует во всех войнах. Применение оружия – это удел других людей.

По нашему мнению, следует не выходить за рамки техносферы, а дополнить их. Клиентоориентированность профессии инженера предполагает гуманистическое начало инженерного мышления. Под этим можно понимать позицию, обращенную к личности человека в широком смысле, а не только как к клиенту или заказчику, а также признание ценности жизни и личности человека и постановку этой ценности как отправной точки профессиональной деятельности. Мы также согласны, что в рамках малых предприятий, коллективов важно организовать взаимодействие и понимание разного рода профессионалов: от разработчиков до дизайнеров и менеджеров. Для этого функционал каждого инженера может быть расширен, в том числе профессиональными коммуникациями, а инженерное мышление должно стать гибким, креативным. Это известно еще по афоризму Козьмы Пруткова: «Специалист подобен флюсу, полнота его односторонняя».

Определение категории «инженерное мышление» чаще носит описательный характер [12]. С учетом принципов концепции Индустрия 5.0 и концепции Общество 5.0 отметим гетерогенный характер инженерного мышления:

- ◆ системное техническое мышление, включающее в себя разные смежные типы мышлений, в том числе критическое мышление на основе профессиональной компетентности;
- ◆ соответствующий опыт, дополненный гуманистической позицией.

Вместе они необходимы для достижения креативности в профессиональной деятельности.

Инженерное мышление полагают разновидностью профессионального мышления, существующего в силу специфических причин – необходимых и достаточных условий. «Сборка» этих причин и условий происходит в определенном времени и месте (хронотопе)», концептуальная реконструкция которого открывает путь к педагогически обоснованной подготовке инженеров [12]. Безусловно, инженерное мышление связано с особой знаковой системой, которая специфична в каждой отдельной предметной области техники и технологий. Полагают, что формирование и развитие инженерного мышления может быть достигнуто в условиях контекстного обучения с использованием проблемных педагогических технологий, таких как метод проектов и метод кейсов. Однако вопрос – формируется ли инженерное мышление или предрасположенность к нему является врожденной, – остается дискуссионным. Одна из трактовок этого вопроса дает представление об одаренности как проявлении интуиции и следствии органичного единства человека с миром и профессиональной областью, обеспечивающего высочайшую, непосредственную чуткость, вживание в предмет [12].

Для грубого различения и «примеривания» на ребенка областей профессиональной деятельности были предложены психологическая классификация профессий и методика оценки предрасположенности Е.А. Климова, известная как тест Климова. Соответствующие профориентационные мероприятия направлены на помощь человеку в определении и формализации своих профессиональных интересов и склонностей, личностных качеств, необходимых для овладения определенной сферой профессионального труда. Результатом профориентационных мероприятий можно считать мотивацию абитуриента к вхождению в новую для него сферу профессиональной деятельности, связанную с интересной для него предметной областью. Однако граница между категориями «человек–техника» и «человек–человек» начинает размываться в профессии современного инженера. Поэтому подходы к профориентации должны пересматриваться, в том числе в пользу личностных консультаций с использованием информационных и коммуникационных технологий.

Еще один дискуссионный вопрос – может ли инженерное мышление формироваться вне личного контакта

с преподавателем (наставником)? Часто его связывают также с классно-урочной системой, лекциями, практическими и лабораторными занятиями. Однако сомнений не вызывает, что информационные и коммуникационные технологии расширяют возможности в подготовке специалиста. Примером может служить огромный пласт видеоконтента, доступного по запросу в любой поисковой системе интернета, по практическим вопросам решения стандартных или нестандартных технических задач и проблем. Поэтому уместнее говорить о релевантном подборе комплекса средств, методов обучения и контроля качества подготовки будущего инженера, что требует более высокой квалификации профессорско-преподавательского состава вузов. Тем не менее, на наш взгляд, системные личные контакты студентов с преподавателями и между собой важны именно для формирования гуманистической и критической составляющих инженерного мышления.

Инженерное образование должно не только подготовить к профессиональной деятельности, но и привить любовь к выбранной профессии на всю жизнь, сформировать условия привязанности человека к профессии в ее динамике и трендах, а также опережающего расширения границ области профессиональных интересов («непрерывное образование»). Мотивацию на закрепление студента в профессии, его идентификацию себя с ней обеспечивает наполняющая повседневную жизнь личности профессиональная культура, субкультура.

В процессе подготовки будущего инженера важнейшую роль играет его профессиональное воспитание, задачей которого является оценка освоения студентом тех или иных сторон профессиональной деятельности, определение и постановка его приоритетов, развитие доминирующих профессионально значимых качеств. В воспитании важно подготовить человека к грядущим трудностям – то есть к жестким требованиям трудовой и производственной дисциплины правилам техники безопасности, принципам бережливого производства, стандартам, технологиям производства. С другой стороны, трудность профессии инженера заключается в необходимости особого инженерного мышления, способного решать задачи в условиях природных, физических, экономических ограничений, непрерывно адаптироваться к растущим запросам и потребностям, и при этом удовлетворять интересы заказчика, изготовителя, самых разных потребителей [10]. Часто деятельность инженера – это услуга, со всеми вытекающими взаимоотношениями в обществе и ответственностью, не свойственными прежней характеристике этой профессии.

Продуктивность инженерной деятельности, наряду с профессиональной компетенцией специалиста, опре-

деляется его личностными качествами, личностным потенциалом [13]. Характеристики требований к ним формализуются в профессиональных стандартах, в том числе через определение профессиональной ответственности, дисциплины, самостоятельности и самоорганизации работника, которые предложено считать ключевыми компетенциями инженера [10].

Знание предмета, владение инструментами, приемами, методами воздействия на него можно считать нижней планкой минимально необходимых требований к профессионалу. А следующий уровень требований – применение этих знаний и умений в нетиповой ситуации. Мышление появляется там и тогда, где и когда нужно решить проблемы, т.е. оно инициируется возникающими трудностями, проблемами, задачами. Особое значение в инженерном мышлении имеет способность увидеть проблему или нереализованный функционал, в связи с ней сформулировать и формализовать задачи для решения. Определенность правил мышления и поведения в различных профессиональных ситуациях – следствие особенностей предмета и коммуникаций с коллегами, заказчиками, клиентами и конечным потребителем, а также с доступными знаниями и информацией, стандартами, с самим собою как с другим. Инженерное мышление индивидуально, особенно в момент его инициирования, и коллегиально в процессе работы, и в оценке его результатов [12].

Таким образом, особенностью инженерного образования является целевая функция формирования наряду с профессиональной компетенцией будущего инженера и инженерного мышления еще и профессионально значимых личностных качеств и профессионального воспитания студентов. Тремя основаниями инженерного мышления являются: его предметная обусловленность, инструментально-технологические средства и методы, включая язык, терминологию, средства выражения и представления инженерных решений: чертежи, схемы, модели и цифровые двойники [12]. Дополнительными основаниями современного инженерного мышления становятся коммуникации, гуманистическое начало в креативном мышлении, а также опыт критического мышления. По нашему мнению, профессиональные дисциплину, ответственность, самостоятельность и самоорганизацию работника можно считать ключевыми личностными качествами, компетенциями инженера, которые можно формировать посредством воспитания в системе инженерного образования [10]. Задача формирования инженерного мышления и профессионально значимых личностных качеств требует релевантных средств и подходов, в том числе знакомства со средствами персональной промышленной автоматизации и информационных коммуникаций.

## Векторы цифрового развития инженерного образования

Система инженерного образования должна меняться вместе с изменениями, происходящими в промышленности, в том числе в соответствии с тенденциями Индустрии 4.0. и 5.0. Может быть множество точек зрения на требования к выпускникам технических вузов, вариантам их формализации, а также принципам организации подготовки. В целом эксперты сходятся в том, что современный инженер должен:

- ♦ обладать общими компетенциями (soft skills);
- ♦ владеть профильными информационными технологиями, средствами автоматизации проектирования и производства, технологиями обработки больших данных и др.

Руководители предприятий отмечают важность естественно-научного и информационного фундамента в образовании. Поэтому считается, что важнее ориентироваться на формирование общих компетенций через профильные дисциплины, чем на подготовку к конкретному рабочему месту. Тем более что в условиях быстрой смены технологий обучаемость сотрудников и их адаптивность к инновациям на рабочих местах имеет большее значение, чем набор конкретных умений. Однако отсутствие специализации в подготовке не означает отсутствие профессиональных навыков. Согласно толковому словарю Ушакова, «специалист — человек, профессионально занимающийся тем или иным видом специального труда». Поэтому в инженерном образовании необходима привязка к области профессиональной деятельности. На фоне различия представлений об инженере, его деятельности и ажиотажной потребности в специалистах на рынке труда появляется стрессовая среда подготовки инженеров.

Интересы и цели субъектов системы высшего технического образования часто естественным образом не совпадают. Например, работодателям важно решить задачу эффективного и полного кадрового обеспечения своих предприятий, а студентам — получить все необходимые условия для профессионального самоопределения, успешного старта на жизненном пути, карьерного роста, плюс достойную зарплату. Причем на момент начала обучения ситуацию с интересами этих субъектов можно считать неопределенной, поскольку работодателям в современных условиях трудно прогнозировать кадровые задачи на несколько лет вперед, а интересы студентов могут меняться в процессе обучения. Более того, иногда и срока обучения для студентов может оказаться недостаточно, а личностные приоритеты могут не раз еще меняться на жизненном пути.

Под влиянием глобальных социальных процессов, в том числе концепций Индустрия 5.0 и Общество 5.0, высшее

образование становится студентоцентрированным. В образовании закладывается вариативность образовательных траекторий, закладывается приоритет интересов и выбора студента; считается, что невозможно научить, можно только научиться. Но реально современная молодежь оказывается в большинстве своем инфантильной по отношению к происходящему в процессе обучения. Многие считают, что важен диплом о высшем образовании, который открывает новые возможности в трудоустройстве, — вследствие чего появляется частная цель «закрыть сессию». Хуже всего, что это проявление недостатка мотивации к профессии, к обучению. Формирование компетенций, передача знаний будет носить в этом случае формальный характер, а без личностных качеств и профессионального воспитания квалификация инженера, на наш взгляд, недостижима.

Это означает, что одной из задач цифровизации инженерного образования является пробуждение этих интересов через ранние прямые контакты с работодателями, информированность о разнообразии видов профессиональной деятельности в разных отраслях и сферах, возможность выстраивания индивидуальных траекторий обучения и карьеры с использованием программ дополнительного обучения, микроквалификаций, программ корпоративной подготовки и др., раннего трудоустройства по специальности с последующим планированием профессионального роста.

С новыми цифровыми технологиями должны обновляться формы и средства обучения, функции преподавателей. Только расширяющийся выбор методов и средств обучения не должен отдалять студента от реального оборудования, подменять профессиональную реальность упрощенными аналогами, виртуальностью. Для преподавателей появляется необходимость выбора из многообразия средств обучения одного, наиболее обоснованного и подходящего целям образовательной программы и предметной области. С этой позиции задача цифровизации инженерного образования заключается в подключении академического сообщества к средствам информатизации и автоматизации производства, погружении преподавателей в эту среду, их информировании, обучении, знакомстве с новыми технологиями. На наш взгляд, если преподаватели будут знакомы с процессами цифровизации производства в рамках своей предметной области, то новые технологии, их актуальность и применение найдут отражение в учебных дисциплинах, что будет способствовать актуализации основных образовательных программ. Причем сами работодатели смогут сэкономить на ознакомлении молодых сотрудников с этой областью, на дополнительном их обучении.

Смысловые разрывы между личными целями обучающихся, ожиданиями работодателей, общественными запро-



сами к системе высшего образования и уровнем предварительной подготовки абитуриентов, а также динамичное обновление и интересов, и ситуации на рынке труда, – дезориентируют академическое сообщество в конкретных целях и моделях подготовки. Современные информационные технологии могут стать эффективным инструментом по преодолению сложившихся противоречий. Тогда одним из возможных векторов цифрового развития инженерного образования становится сопряжение и согласование интересов взаимодействующих субъектов путем организации единого информационного пространства взаимодействия.

В рамках развития цифровой экономики, интеграции вузов и системы инженерного образования в единый концепт развития кадрового потенциала страны нужна массовая интеллектуальная платформа, которую можно сформировать только путем продвижения и демократизации специализированных знаний, а также юридической и экономической поддержки «человеческого фактора» в составе систем генерации и реализации инновационных знаний» [2]. Формирование такой платформы может быть делегировано вузам и научным учреждениям, в том числе в рамках концепции цифровизации науки и образования. Но это должно быть общей задачей: соучастниками в формировании такой платформы должны стать предприятия, конструкторские бюро, средний и малый бизнес, работающих в наукоемких областях.

Под цифровой платформой понимается сложная информационная система, обеспечивающая специфический способ выполнения определенной функции, которая открыта для использования клиентами и партнерами, включая разработчиков приложений. Информационная система сопровождения основных процессов жизненного цикла наукоемкой продукции предназначена для реализации технологий производства, распределения, обмена и потребления на базе ИКТ. Состав и структура таких систем существенно зависят от предметной области их приложения [14]. Однако все их объединяет идея управления технологиями в цифровой экономике и создания новой технологической базы [15].

Возможны различные варианты реализации этой платформы. Один из вариантов – это формат цифрового образовательного кластера, организационная структура и состав которого могут определяться географическим положением, отраслевой принадлежностью либо сферой профессиональной деятельности, в том числе в формате «школа – вуз – предприятие» [16]. Взаимодействие участников цифрового кластера может выстраиваться аналогично известным подходам к организации работы образовательных кластеров. Технической платформой для интеграции могут послужить информационные ресурсы вузов. Другой вари-

ант аналогичен промышленным системам корпоративного управления и мониторинга, которые могут быть реализованы на базе комплекса автоматизированных систем единого информационного пространства предприятия «Цифровое предприятие» [17; 18].

Два других возможных вектора цифрового развития инженерного образования – это цифровой двойник и информационно-коммуникационная инфраструктура. *Цифровой двойник* представляется моделью «реального актива, достоверно описывающей все его характеристики, условия его существования и применения, процессы и взаимосвязи, как на отдельном объекте, так и в рамках целого производственного актива, а также реализующей технологии виртуальной и дополненной реальности» [14. С. 123]. Благодаря этим технологиям цифровой двойник является многофункциональным продуктом, который в том числе может быть эффективно использован в процессах обучения и подготовки будущих инженеров. Инфраструктурное обеспечение во многом определяет потенциальные возможности подключения и пропускные способности, обеспечивающие работу всех участников в режиме реального времени.

*Единое информационное пространство взаимодействия* может способствовать более глубокому профессиональному самоопределению выпускников. Учитывая, что кадровые потребности отдельного предприятия по конкретному направлению подготовки обычно исчисляются единицами, такое информационное пространство может способствовать большему дифференцированию выпуска по конкретным отраслям, областям деятельности, и значит, более эффективному кадровому обеспечению предприятий. Распространение знаний посредством такой платформы может способствовать сокращению разрыва в компетенциях преподавателей вузов и работников предприятий, служить площадкой для обмена опытом между пользователями такой платформы – представителями предметной профессиональной области.

Таким образом, преодоление сложившейся двойственности в цифровизации инженерного образования возможно на основе единой информационной платформы, которая технически может быть реализована в разных форматах – например, в формате цифрового кластера или расширенного информационного пространства предприятия «Цифровое предприятие». Для этого необходимо наметить три ключевых направления развития цифровизации инженерного образования:

- ◆ цифровой двойник;
- ◆ информационно-коммуникационная инфраструктура;
- ◆ цифровая платформа.

Закладываемый будущий успех такого информационного взаимодействия заключается в массовом доступе

к интеллектуальной платформе на условиях партнерства и взаимовыгодного сотрудничества для распространения и демократизации специализированных знаний, а также ко всем другим элементам цифровизации в обозначенных направлениях.

## Заключение

Целевые задачи и направления цифровизации инженерного образования нельзя рассматривать в отрыве от индустриальной цифровизации. Процесс индустриальной цифровизации требует мощного и качественного кадрового обеспечения. Причины возникающих пробелов в подготовке выпускников вузов кроются в недостатках инфраструктуры существующей системы инженерного образования и ее слабой связи с производством. Для замещения этих пробелов промышленность развивает корпоративные центры переподготовки и повышения квалификации. Но эта проблема носит системный характер и требует системного решения. Цифровизация инженерного образования могла бы способствовать ее решению. Но она не может заменить реальное оборудование, личный контакт со специалистом

или преподавателем, не может полноценно сформировать критическое инженерное мышление у студента.

По аналогии с положениями концепции Индустрия 5.0 цифровизация образования могла бы обеспечить персонализированную настройку подготовки будущего инженера. Как минимум это может быть персональная автоматизация лабораторных и практических работ с удаленным доступом к ним, контролем над действиями, возможностью индивидуальной настройки параметров процессов и техники. Но в широком смысле здесь речь о междисциплинарном, практико-ориентированном характере подготовки будущего инженера, а также о создании привлекательной и доступной среды обучения и одновременно профессиональной деятельности. Эта среда может выступать информационной платформой для обеспечения развития инженерного мышления, а также распространения современных технологий, ноу-хау и т.д., что можно считать ключевыми задачами цифровизации инженерного образования. Для этого необходимо наметить три ключевых направления развития цифровизации инженерного образования: цифровой двойник, информационно-коммуникационная инфраструктура и цифровая платформа.

## Литература

1. Гребнев Л.С., Кирабаев Н.С., Шейнбаум В.С., Зборовский Г.Е., Лукашенко М.А. «Высшее образование в России»: 30 лет научной рефлексии (круглый стол) // Высшее образование в России. 2022. Т. 31. № 12. С. 150–166. DOI: 10.31992/0869-3617-2022-31-12-150-166
2. Димов Э.М., Маслов О.Н. Информационные технологии цифровой экономики: образовательные и научно-исследовательские аспекты // Инфокоммуникационные технологии. 2019. Т. 17. № 1. С. 100–115. DOI: 10.18469/ikt.2019.17.1.16
3. Бабкин А.В., Шкарупета Е.В., Ташенова Л.В. Методика оценки конвергентности цифровой индустриализации и индустриальной цифровизации в условиях Индустрии 4.0 и 5.0 // *π-Economy*. 2023. Т. 16. № 5. С. 91–108. DOI: 10.18721/πE.16507
4. Лобова, С.В., Бочаров С.Н., Понькина Е.В. Цифровизация: мейнстрим для университетского образования и вызовы для преподавателей // Университетское управление: практика и анализ. 2020. Т. 24. № 2. С. 92–106. DOI 10.15826/umpa.2020.02.016
5. Андрияхина Л.М., Садовникова Н.О., Уткина С.Н., Мирзаахмедов А.М. Цифровизация профессионального образования: перспективы и незримые барьеры // Образование и наука. 2020. Т. 22. № 3. С. 116–147. DOI: 10.17853/1994-5639-2020-3-116-147
6. Бондаренко В.В., Полутин С.В., Юдина В.А. и др. Влияние цифровой трансформации системы российского высшего образования на необходимость развития компетенций и карьерного продвижения научно-педагогических работников // Интеграция образования. 2023. Т. 27. № 3. С. 490–505. DOI: 10.15507/1991-9468.112.027.202303.490-505
7. Тхагапсоев Х.Г., Яхутлов М. М. Поиск резервов в тисках «вменённого»: к парадоксам нашей стратегии образования // Высшее образование в России. 2020. Т. 29. № 12. С. 95–103. DOI: 10.31992/0869-3617-2020-29-12-95-103

## References

1. Grebnev, L.S., Kirabaev, N.S., Sheinbaum, V.S., Zborovsky, G.E., Lukashenko, M.A. (2022) The Journal "Higher Education in Russia": 30 Years of Research and Reflection. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 31, no. 12, pp. 150–166. DOI: 10.31992/0869-3617-2022-31-12-150-166 (In Rus., abstract in Eng.)
2. Dimov, E.M., Maslov, O.N. (2019) Information technologies of the digital economy: educational and research aspects. *Infokommunikatsionnye tehnologii = Infocommunication technologies*. Vol. 17, no. 1, pp. 100–115. DOI: 10.18469/ikt.2019.17.1.16 (In Rus., abstract in Eng.)
3. Babkin, A.V., Shkarupeta, E.V., Tashenova, L.V. (2023) Methodology for assessing the convergence of digital industrialization and industrial digitalization in the conditions of Industry 4.0 and 5.0. *π-Economy*. Vol. 16 (5), pp. 91–108. DOI: 10.18721/πE.16507 (In Rus., abstract in Eng.)
4. Lobova, S.V., Bocharov, S.N., Ponkina, E.V. (2020) Digitalization: Mainstream for the University Education and Challenges for the Teachers. *Universitetskoe upravlenie: praktika i analiz = University Management: Practice and Analysis*. Vol. 24, no. 2, pp. 92–106, doi: 10.15826/umpa.2020.02.016 (In Rus., abstract in Eng.)
5. Andryukhina, L.M., Sadovnikova, N.O., Utkina, S.N., Mirzaahmedov, A.M. (2020) Digitalisation of Professional Education: Prospects and Invisible Barriers. *Obrazovanie i nauka = The Education and Science Journal*. Vol. 22, no. 3, pp. 116–147, doi: 10.17853/1994-5639-2020-3-116-147 (In Rus., abstract in Eng.)
6. Bondarenko, V.V., Polutin, S.V., Yudina, V.A., Tanina, M.A., Penzina, D.P. (2023) Impact of Digital Transformation of the Russian Higher Education System on the Need to Develop Competencies and Career Advancement of Scientific and Pedagogical Employees. *Integration of Education*. Vol. 27, no. 3, pp. 490–505. doi: 10.15507/1991-9468.112.027.202303.490-505 (In Rus., abstract in Eng.)
7. Tkhapsoev, Kh.G., Yakhutlov, M.M. (2020) Search for Reserves in the Grip of the "Imputed": Paradoxes of Our Education Strategy. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 29, no. 12, pp. 95–103, doi: 10.31992/0869-3617-2020-29-12-95-103 (In Rus., abstract in Eng.)

8. Исаев А.П., Плотников Л.В. Адаптация или деградация: что происходит с образовательной инновацией в условиях типового образовательного процесса? // Высшее образование в России. 2023. Т. 32. № 2. С. 149–166. DOI: 10.31992/0869-3617-2023-32-2-149-166
9. Burland J.B. Reflections on Victor de Mello, friend, engineer and philosopher // *Soils and Rocks*. 2008. Vol. 31. No. 3. P. 111–123. DOI: 10.28927/SR.313111
10. Данилаев Д.П., Маливанов Н.Н. Воспитание профессионально значимых качеств в системе инженерного образования // Высшее образование в России. 2024. Т. 33. № 1. С. 86–104. DOI: 10.31992/0869-3617-2024-33-01-86-104
11. 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
12. Феоктистов А.В., Кислов А.Г., Шипко И.В., Гордилов В.Е. Хронотоп инженерно-педагогического мышления // Высшее образование в России. 2023. Т. 32. № 7. С. 135–156. DOI: 10.31992/0869-3617-2023-32-7-135-156
13. Кирсанов А.А., Кондратьев В.В. Инженерная деятельность и профессиональная компетентность специалиста // Вестник Казанского технологического университета. 2010. № 12. С. 18–21.
14. Данилаев Д.П., Маливанов Н.Н. Особенности взаимодействия предприятий и вузов в условиях цифровой экономики // Информационные технологии. 2019. Т. 17. № 1. С. 122–130. DOI: 10.18469/ikt.2019.17.1.18
15. Иванов В.В., Малинецкий Г.Г. Цифровая экономика: от теории к практике // Инновации. 2017. № 12. С. 3–12.
16. Данилаев Д.П., Маливанов Н.Н. 3D цифровой образовательный кластер // Управление устойчивым развитием. 2022. № 2 (39). С. 107–116. DOI: 10.55421/2499992X\_2022\_2\_107 – EDN YRFGFI.
17. Костюков В.Е., Кривошеев О.В., Трищенко А.В. Функциональная архитектура системы промышленной автоматизации, разрабатываемой в составе типовой информационной системы предприятий гос. корпорации «РОСАТОМ» // Вестник НГИЭИ. 2016. № 12 (67). С. 18–26.
18. Данилаев Д.П., Маливанов Н.Н. Патент № 2665275C1 Российская Федерация, МПК G06Q 10/06, G06F 17/40, G05B 19/418. Система управления трудовыми ресурсами предприятия – «Цифровой кластер» – предприятие – вуз»: № 2017126461: заявл. 21.07.2017: опубл. 28.08.2018.
8. Isaev, A.P., Plotnikov, L.V. (2023) Adaptation or Degradation: What's Happen to Educational Innovation in a Typical Educational Process? *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 32, no. 2, pp. 149–166, doi: 10.31992/0869-3617-2023-32-2-149-166 (In Rus., abstract in Eng.)
9. Burland, J.B. (2008). Reflections on Victor de Mello, friend, engineer and philosopher. *Soils and Rocks*. Vol. 31. No. 3. P. 111–123. DOI: 10.28927/SR.313111 (In Eng.)
10. Danilaev D. P., Malivanov N.N. (2024) Professionally Significant Qualities Upbringing at the Engineering Education System. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 33, no.1, pp. 86-104, doi: 10.31992/0869-3617-2024-33-01-86-104 (In Russ., abstract in Eng.)
11. 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.)
12. Feoktistov, A.V., Kislov, A.G., Shapko, I.V., Gorodilov, V.E. (2023) Chronotope of Engineering and Pedagogical Thinking. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 32, no. 7, pp. 135–156, doi: 10.31992/0869-3617-2023-32-7-135-156 (In Rus., abstract in Eng.)
13. Kirsanov, A.A., Kondratiev, V.V. (2010). Engineering Activity and Professional Competence of a Specialist. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta = Bulletin of the Kazan Technological University*. No. 12, pp. 18–21. URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_15540366\\_39945657.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_15540366_39945657.pdf) (accessed on: 10.07.2023). (In Rus., abstract in Eng.)
14. Danilaev, D.P., Malivanov, N.N. (2019). Features of Interaction Between Enterprises and Universities at the Digital Economy. *Infokommunikatsionnye tekhnologii = Infocommunication technologies*. Vol. 17, no. 1, pp. 122–130, doi: 10.18469/ikt.2019.17.1.18 (In Rus., abstract in Eng.)
15. Ivanov, V.V., Malinetsky, G.G. (2017). Digital economy: from theory to practice. *Innovacii = Innovation*. No. 12, pp. 3–12. (In Rus., abstract in Eng.)
16. Danilaev, D.P., Malivanov, N.N. (2022). 3D Digital Educational Cluster. *Upravlenie Ustoychivym Razvitiem = Sustainable Development Management*. No. 2 (39), pp. 107–116. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48315789> (In Rus., abstract in Eng.)
17. Kostjukov, V.E., Krivosheev, O.V., Trishhenkov, A.V. (2016). The industrial automation system functional architecture, developed as part of the standard information system of Rosatom State Corporation enterprises. *Vestnik NGIel = NGIel Gazette*. Vol. 12 (67), pp. 18–26. (In Rus., abstract in Eng.)
18. Danilaev, D.P., Malivanov, N.N. (2018). Patent No. 2665275 C1 Russian Federation, G06Q 10/06, G06F 17/40, G05B 19/418. Enterprise human resource management system – “Digital cluster” – “enterprise” – “university”: No. 2017126461: application 07/21/2017: publ. 08/28/2018.