

Путь инженера: логика + здравый смысл или физика + математика?

Д. В. Чесноков^{1,2}*

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск,
Российская Федерация

² Новосибирский завод полупроводниковых приборов «Восток», г. Новосибирск,
Российская Федерация

* e-mail: d.v.chesnokov@ssga.ru

Аннотация. В исследовании проведён подробный анализ противоречивых требований к «цифровым» компетенциям инженера и их сравнение с реальными требованиями российского работодателя. Рассмотрены многочисленные нормативные, организационные, методические, образовательные документы и материалы (федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования, рекомендации учебно-методических объединений, профессиональные стандарты, учебно-методические издания, рабочие программы дисциплин и т.п.). Использован многолетний личный опыт автора в преподавании естественно-научных и специальных дисциплин, подготовке молодых учёных и специалистов, их аттестации, организации учебного процесса в вузе, формировании системы практической подготовки на промышленном предприятии. Автор усматривает в сложившейся системе подготовки инженерных кадров явные перекосы и отмечает формирование разрыва между естественно-научной базой и «цифровыми» компетенциями инженера. В статье выработаны рекомендации по корректировке образовательных стандартов и программ по техническим специальностям что, в конечном счёте, должно помочь лучше подготовить выпускников вузов к требованиям рынка труда.

Ключевые слова: инженер, цифровизация, профессиональные компетенции, высшее образование

Path of the Engineer: Logic + Common Sense or Physics + Mathematics?

D. V. Chesnokov^{1,2}*

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

² Novosibirsk Factory of Semiconductor Devices, Novosibirsk, Russian Federation

* e-mail: d.v.chesnokov@ssga.ru

Abstract. The study provides a detailed analysis of the conflicting requirements for the “digital” competencies of an engineer, their comparison with the real requirements of a Russian employer. Numerous normative, organizational, methodological, educational documents and materials (Federal State Educational Standards of Higher Education, recommendations of Academic Methodological Associations, professional standards, educational and methodical publications, programs of disciplines, etc.) are considered. The author's experience in teaching natural sciences and special disciplines, supervising young scientists and specialists, their certification, organization of the educational process at a university, and the formation of a system of practical training at an industrial enterprise are used. The author sees obvious distortions in the current system of training engineering personnel and notes the formation of a gap between the natural science base and the “digital” competencies of

an engineer. The article develops some recommendations for redesigning educational standards and programs for technical specialties, which, ultimately, should help to better prepare university graduates for the requirements of the labor market.

Keywords: engineer, digitization, professional competencies, higher education

Введение

«Цифровизация» всех сторон жизни и профессиональной деятельности человека приводит к коренным изменениям в базовых отраслях народного хозяйства, в том числе в производственной сфере, в науке и высшем образовании, при профессиональной (пере)подготовке. Статья посвящена рассмотрению основных изменений в требованиях работодателя к компетенциям инженера и вытекающей из этого необходимости корректировки образовательных программ. Целью автора является проведение анализа происходящего в последние годы уменьшения учебной нагрузки обучающихся по дисциплинам естественно-научного и математического циклов в пользу профессиональных, и оценка влияния таких изменений на соответствие компетенций выпускников вузов запросам рынка труда.

В настоящее время общепринятым мнением о классических программах инженерной подготовки [1] является их устаревание, невозможность использования для подготовки современных технических специалистов, хотя компетенции в области проектной деятельности, способность к анализу и синтезу, востребованы и в неинженерных специальностях и профессиях. В наше время инженеры хорошо проявляют себя и в бизнесе, финансах, экономике, менеджменте, маркетинге, даже в политике и общественных науках.

Понимание указанных тенденций влияет на разработку учебных программ в соответствии с требованиями рынка труда, формирования компетентностного подхода в инженерном образовании и создания гармоничной обстановки на рабочем месте [2]. Оказывается, что будущие инженеры должны обладать набором мягких навыков, таких как лёгкость общения, готовность принимать обоснованные решения, управлять коллективом, быть лидером, быть осведомлённым в культурных процессах, обладать развитым эмоциональным интеллектом и следовать законам социальной этики [3].

В последние десятилетия ведущие университеты, являющиеся центрами инженерного образования, обосновали новый образовательный подход к области инженерных наук [4]. Многоуровневая инженерная компетентностная модель, предложенная в [5], подразумевает, что именно установки общества и самооценка формируют конкретный набор необходимых инженеру компетенций. Инженер должен уметь интегрировать знания, навыки и личные качества для достижения поставленных целей на практике [6].

Ранее (да часто и сейчас) цель инженерного образования в вузе заключалась в следовании жесткой программе, после окончания которой инженер получал фиксированный объем знаний. Это так называемый, предметно-ориентированный подход [7]. В настоящее время преобладает компетентностный подход, ос-

нованный на последовательном формировании учебной траектории, чтобы выпускники вузов сразу становились (в теории, конечно) молодыми специалистами с нужной квалификацией. Даже после соответствующего изменения учебных программ (во многом – формального), между традиционным и компетентностным подходами остаётся обширное общее поле.

Теперь необходимо демонстрировать навыки и компетенции, то есть «знать – уметь – владеть», а знания, даже подтверждённые на экзамене, ничего не доказывают [8]. Однако, знания и компетенции не исключают друг друга, между ними всегда есть точки соприкосновения. В работе [9], например, сформулированы требования к успешному участнику инновационного проекта или НИОКР:

- 1) твёрдые знания в технической области;
- 2) готовность и способность к сотрудничеству;
- 3) менеджмент знаний, но не сами знания;
- 4) восприимчивость к внешним вызовам, баланс с внутренними установками;
- 5) умение внести в процессы управления ресурсами проекта инновационные информационные технологии;
- 6) бизнес-связи. Инженеры должны уметь работать как с клиентами и поставщиками, так и понимать потенциал представленных на рынке технологий для улучшения своих продуктов и процессов.

Согласно [9], инженер должен обладать интеллектуальными, физико-техническими – то, что раньше и составляло суть инженерной деятельности – и межличностными компетенциями. Инженерная компетенция, как и любая инновация, также должна быть основана на научном подходе [10].

Хорошо заметно, что по мнению «шагающих со временем» авторов, в первую очередь зарубежных, современный инженер должен стать просто «универсальным солдатом специалистом». А действительно ли нужен такой?

Методы и материалы

Основными методами проводимого исследования являются полемический дискуссионный анализ противоречивых требований к «цифровым» компетенциям инженера и многофакторное их сравнение с реальными требованиями российского работодателя. Материалами для исследования вопроса являются как многочисленные нормативные, организационные, методические, образовательные документы и материалы (федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования – ФГОС ВО, рекомендации учебно-методических объединений, профессиональные стандарты, учебно-методические издания, рабочие программы дисциплин и т.п.), так и многолетний личный опыт автора в преподавании естественно-научных и специальных дисциплин, подготовке молодых учёных и специалистов, их аттестации и опыт непосредственного участия в организации перечисленного выше.

Результаты

Во введении автором были рассмотрены современные тенденции в «цифровизации» подготовки инженеров с точки зрения компетентностного подхода. Следует отметить, что российские нормативные документы, такие как ФГОС ВО третьего поколения, вполне коррелируют по набору компетенций с образом «идеального» инженера из [9]. Например, ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств» [11] содержит, среди прочих, шесть таких универсальных компетенций (УК). Впрочем, с небольшими отличиями эти УК содержатся в любом инженерном ФГОС.

Попробуем, всё-таки, разобраться, чего на самом деле хочет **российский** работодатель. Все крупные российские компании производственной сферы участвуют в разработке профессиональных стандартов. На данный момент их разработано более 1000. Обратимся к примеру, который для инженерных специальностей является типичным. Рассмотрим профессиональный стандарт «Инженер-радиоэлектронщик в области радиотехники и телекоммуникаций», утверждённый 31 августа 2021 года [12]. Проанализируем трудовые функции для уровня подготовки 6 (бакалавр):

1. Подготовка технологической документации и оборудования для изготовления радиоэлектронных средств (РЭС): Из 5 необходимых «умений» все 5 являются «цифровыми» – владение ПК, работа в САПР по РЭС, симуляторах электрических схем, ПО для моделирования и программирования микроконтроллеров.

2. Изготовление модулей, сборка и регулировка РЭС: Даже здесь из 5 «умений» только одно не является «цифровым» – «Применять правила и методы монтажа, настройки и регулировки узлов РЭС», приходится работать руками.

3. Проведение приёмо-сдаточных, механических и климатических испытаний РЭС: Из 4 необходимых «умений» все 4 являются «цифровыми».

4. Разработка электрических схем РЭС и их составных частей: Из 5 необходимых «умений» все также являются «цифровыми».

Данный анализ показывает, что все этапы приложения инженерных компетенций – от разработки до производства РЭС – подверглись тотальной «цифровизации». Однако, трудовые функции уровня подготовки 7 (специалитет, магистратура) и 8 (аспирантура) менее загружены «цифровыми» компетенциями.

Отдельно хочется отметить, что в инженерных профессиональных стандартах и, следовательно, требованиях российского работодателя, отсутствуют компетенции из сфер социальной этики, экономики производства, маркетинга, бизнеса. «Универсальный ~~е~~ддаф специалист» не нужен!

Теперь разберемся, как готовят к практической деятельности студентов вузов на лабораторных занятиях, в рамках домашних заданий, при выполнении курсовых и бакалаврских работ. Особенностью современного подхода является так называемое «распределённое» выполнение ВКР – бакалаврская работа получает типовое задание и выполняется в течение последних двух – трех семестров

обучения в виде последовательно выполняемых этапов проекта. Каждый этап предполагает освоение соответствующего программного обеспечения (ПО), выполнение на нем задачи согласно техническому заданию (ТЗ) на весь проект, после получения удовлетворительного результата переход к следующему этапу (в следующем семестре) с очередным промежуточным заданием. И так до конца четвертого курса. Каждый этап поддерживается необходимыми учебно-методическими материалами.

Поясним такой подход на примере разработки многоканального радиоприемного модуля, работающего в миллиметровом диапазоне частот электромагнитного (ЭМ) спектра. Последовательность этапов проекта и используемого ПО следующая:

1. Разработка антенно-фидерного устройства (ПО ЭМ моделирования) [13].
2. Моделирование и проектирование приёмо-передающего устройства, включая расчет канала (ПО ЭМ моделирования) [14].
3. Проектирование топологии печатной платы (САПР РЭС) [15].
4. Проектирование корпуса (машиностроительная САПР) [16].

Методические указания по выполнению всех этапов имеют значительный объем, снабжены подробными примерами и скриншотами окон программ САПР, представляют собой подробные инструкции с последовательностью действий, вплоть до: «выберите пункт меню:» или: «нажмите на кнопку» и т.д. Для выполнения проектов и, следовательно, получения необходимых навыков (умений) с такой методической поддержкой требуются совершенно тривиальные естественно-научные компетенции, буквально на уровне средней школы. Вся необходимая «математика» и «физика», как говорят в таких случаях, «защита» в программном обеспечении САПР.

Обсуждение

В области подготовки инженерных кадров в настоящее время сложился следующий порядок вещей:

1. Российские ФГОС ВО в целом соответствуют перспективным, с точки зрения современных педагогических воззрений (как зарубежных, так и российских), тенденциям в инженерном образовании и содержат большой объем так называемых «универсальных» компетенций, формирующих навыки в социальном и гуманитарном ключе.

2. Российские профессиональные стандарты (ПСт), сформулированные представителями реального сектора экономики, не содержат трудовых функций, для выполнения которых необходимо наличие у инженеров «социально-гуманитарных» компетенций.

3. Российские ПСт содержат большое количество «цифровых» компетенций для начинающих инженеров, которые требуют неглубокого освоения естественно-научных компетенций, а действия по инструкции.

4. Российские ведущие вузы отрабатывают требования работодателя и рынка труда (выраженные через ПСт) и формализуют подготовку бакалавров, усиливая «цифровую» подготовку в ущерб базовой естественно-научной.

5. Согласно ПСт, чем выше по ступеням инженерной иерархии поднимается работник, тем выше становятся требования к его когнитивным навыкам и умениям, научной и технической эрудированности, умению контролировать и организовывать работу подчинённых – именно здесь могут пригодиться УК, если к тому времени (спустя 7–8 лет) они не будут успешно забыты.

Таким образом, автор усматривает в сложившейся системе явные парадоксы, приводящие к перекосам в подготовке инженерных кадров:

1. Связка «бакалавр – магистр – аспирант» именно для инженерных направлений подготовки не работает: у бакалавра слишком слабая естественно-научная база (особенно после последних изменений ФГОС ВО), которая не позволяет ему освоить программу магистратуры.

2. Большой объем учебной нагрузки при подготовке бакалавров, заложенный во ФГОС ВО и основных образовательных программах (ООП) на дисциплины, формирующие УК, тратится впустую, так как работодателем не востребован.

3. Неясно, откуда возьмутся будущие «командиры производства», ведущие разработчики и специалисты, способные формулировать и ставить задачи простым инженерам – исполнителям.

В заключение автор готов сформулировать осторожные рекомендации по корректировке системы подготовки инженерных кадров:

Вариант 1. Сократить в программе подготовки бакалавров число УК, отвечающих за социально-гуманитарную подготовку в пользу естественно-научного образования, перенести данные УК в программу подготовки магистров.

Вариант 2. Увеличить долю мест в вузах по программам специалитета, которые позволяют готовить всесторонне развитых инженеров.

Заключение

Проведен подробный анализ противоречивых требований к цифровым компетенциям инженера, содержащихся в многочисленных нормативных, организационных, методических, образовательных документах и материалах (федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования, рекомендации учебно-методических объединений, профессиональные стандарты, учебно-методические издания, рабочие программы дисциплин и т.п.), учитывающий в том числе опыт непосредственного участия автора в организации и модернизации этих процессов и преподавании естественно-научных и специальных дисциплин, подготовке молодых учёных и специалистов, проведении их аттестации, как в вузах, так и на производстве.

В результате сравнения с реальными требованиями российского работодателя автор усматривает в сложившейся системе подготовки инженерных кадров явные перекосы и отмечает, что «цифровизация» профессиональных компетенций инженеров приводит к формированию разрыва между естественно-научной базой и требуемыми для работы навыками обращения с специализированным ПО. В статье сформулированы рекомендации по корректировке ФГОС ВО и ООП по техническим специальностям что, в конечном счёте, должно помочь лучше подготовить выпускников вузов к требованиям рынка труда.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фаритов А.Т. К вопросу понятия «инженерная компетенция» в педагогической теории // Научное обозрение. – 2019. – № 6. – С.53-59.
2. White R.M. Standards for K-12 Engineering Education. National Academy of Engineering: Washington, DC, USA. 2010. P. 148.
3. Streveler R., Smith K.A. Rigorous research in engineering education. Journal of Engineering Education. 2006. vol. 95. no. 2. P. 151.
4. Canagarajah S. English as a spatial resource and the claimed competence of Chinese STEM professionals. World Englishes. 2018. vol. 37. no. 1. P. 34–50.
5. Klenk M. Early-career Engineers at the Workplace: Meaningful Highs, Lows, and Innovative Work Efforts. Proceedings of the American Society for Engineering Education Annual Conference (June 24–27 2018). Salt Lake City: ASEE Annual Conference & Exposition, 2018. P. 181.
6. Lefgren S., Ilomaki L., Toom A. Employer views on upper-secondary vocational graduate competences. Journal of Vocational Education & Training. 2019. P. 1–26.
7. Paquette G. An ontology and a software framework for competency modeling and management. Educational Technology & Society. 2007. vol. 10. no. 3. P. 1–21.
8. Mulenga I. M., Malambo Y. Understanding a Competency-Based Curriculum and Education: The Zam. Perspective. Journal of Lexicography and Terminology. 2019. vol. 3. no. 1. P. 106–134.
9. Tarafdar M., Gordon S.R. Understanding the influence of information systems competencies on process innovation: A resource-based view. The Journal of Strategic Information Systems. 2007. vol. 16. no. 4. P. 353–392.
10. Gloet M., Terziovski M. Exploring the relationship between knowledge management practices and innovation performance. Journal of manufacturing technology management. 2004. vol. 15. no. 5. P. 402–409.
11. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fgosvo.ru/>
12. Профессиональный стандарт «Инженер-радиоэлектронщик в области радиотехники и телекоммуникаций» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://profstandart.rosmintrud.ru/>
13. Бахвалова С.А. Основы моделирования устройств в программе Advanced Design System [Текст]: Лабораторный практикум / С. А. Бахвалова, В. В. Курганов; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - М.: МИЭТ, 2016. – 128 с.
14. Исследование СВЧ-устройств в программе Advanced Design System : Лабораторный практикум / С.А. Бахвалова, Е.С. Гутковский, А.И. Дмитриев [и др.] ; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - М. : МИЭТ, 2019. - 72 с.
15. Желобаев А.Л. Методические указания к лабораторным работам по курсу "САПР Altium Designer" / А.Л. Желобаев ; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - М. : МИЭТ, 2019. - 104 с.
16. Бахвалова С.А. Конструкторское проектирование радиоэлектронных средств в программе SolidWorks : Лабораторный практикум / С.А. Бахвалова, А.Д. Митрофанов ; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - М. : МИЭТ, 2014. - 108 с.

© Д. В. Чесноков, 2022