

НЕКОТОРЫЕ СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ИНЖЕНЕРНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ¹

АГАМИРЗЯН Игорь Рубенович – канд. физ.-мат. наук, вице-президент НИУ ВШЭ.

E-mail: iagamirzian@hse.ru

КРУК Евгений Аврамович – д-р техн. наук, проф., и.о. директора, научный руководитель Московского института электроники и математики. E-mail: ekrouk@hse.ru

ПРОХОРОВА Вероника Борисовна – канд. техн. наук, советник Московского института электроники и математики. E-mail: vprokhorova@hse.ru

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия
Адрес: 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20

***Аннотация.** В статье формулируются требования, которые предъявляют цифровая экономика и современный рынок труда к инженерному образованию. Поднимаются вопросы формирования образовательного пространства для подготовки инженеров, вопросы построения учебного процесса на базе проектной модели обучения. Обсуждается вопрос, является ли профессия инженера элитной или массовой, предлагается классификация инженерного труда в зависимости от характера работы. Приводятся новые базовые навыки, необходимые инженерам для успешного выхода на рынок труда в условиях цифровой экономики. Делается вывод о необходимости коренного изменения образовательного процесса при подготовке инженеров, о привлечении к нему работодателей не только на стадии формирования у учащихся практических навыков, но и на стадии планирования учебного процесса в целом. Целью этих изменений является, в конечном итоге, сокращение сроков адаптации специалистов на рабочем месте, что, в свою очередь, позволит добиться скорейшего внедрения в практику методов и технологий цифровой экономики.*

***Ключевые слова:** инженерное образование, проектная модель обучения, новые базовые навыки, современный рынок труда, цифровая экономика*

***Для цитирования:** Агамирзян И.Р., Крук Е.А., Прохорова В.Б. Некоторые современные подходы к инженерному образованию // Высшее образование в России. 2017. № 11(217). С. 43-48.*

Профессия инженер.

Современные вызовы

Меняются времена, меняются технологии, скорость смены технологий достигла невиданных ранее масштабов. Вот только несколько примеров новых направлений технологического развития: системы искусственного интеллекта; «умные» системы управления; проектирование материалов с управляемыми свойствами; повсеместная

«цифровизация» индустриальных процессов; массовое внедрение киберфизических систем. Новая промышленная революция (Индустрия 4.0) плотно вошла в нашу жизнь. Этой индустрии нужен новый инженер, не только и не столько хорошо владеющий конкретной технологией, сколько обладающий системным мышлением, способный организовать взаимодействие различных технологий. В некотором смысле речь идёт о противопоставлении инженеров эпохи 4.0 специалистам более ранних индустриальных эпох. Для эпохи, основанной на разделении труда (Индустрия 3.0), требовался специалист, глубоко понимавший и

¹ Статья подготовлена на основе доклада, сделанного авторами в рамках круглого стола «Кадровое обеспечение нефтегазохимического комплекса: вопросы развития инженерной педагогики» (7 сентября 2017 г., КНИТУ, Казань).

умевший выполнить разработку конкретного технического элемента, рассчитать параметры того или иного прибора, системы. Цифровая экономика предполагает наличие у разработчика математического обеспечения, пригодного для осуществления расчётов без участия человека. Роль специалиста сводится к настройке параметров этого инструмента, что не требует проведения самостоятельных расчётов, но зато требует умений организовать взаимодействие расчётных подсистем, а также прогнозирования совместного использования принципиально различных технологий. Подчёркнём: в условиях ускорения научно-технического прогресса технологии живут недолго; созданные с их помощью продукты живут гораздо дольше, часто дольше тех, кто эти технологии создавал. Поэтому новому поколению инженеров требуется понимание особенностей развития технологий.

Основные тренды современного рынка труда

Соответственно смене технологий меняется и рынок труда, предлагая новые вызовы выходящим на этот рынок молодым инженерам/специалистам:

- изменяются производство/рабочее место/задачи и, как следствие – навыки, необходимые для успешной карьеры;
- возникают новые навыки и новые профессии, при этом старые часто трансформируются или исчезают;
- жизненный цикл профессий сокращается. За время обучения студенты получают профессию, которая к окончанию обучения успевает морально устареть. Время ожидания специалиста на рынке труда сокращается – он со своими умениями и навыками нужен здесь и сейчас, завтра будет нужен уже кто-то другой;
- всё более востребованными становятся практические навыки/компетенции, а не профессии;
- глобализация экономики, знаний и технологий расширяет доступный работода-

лю рынок труда, приводит к росту конкуренции за квалифицированные рабочие места.

- цифровизация всех сфер жизни, цифровая грамотность становятся обязательным условием для любого вида деятельности.

Итак, новому рынку труда нужны новые специальности, нужны инженеры, обладающие навыками, которые ещё недавно не рассматривались как необходимые в инженерной деятельности. Мы должны констатировать, что основной тенденцией развития новых специальностей является размытие границ между традиционными дисциплинами и профессиями, отметить междисциплинарный характер вновь возникающих профессий. Математик-техник-управленец-экономист-юрист со знаниями материаловедения и программирования – это реальный пример модели инженера близкого будущего. В практической работе инженера всё больше востребованы универсальные навыки и всё меньше – навыки, специфичные для конкретной отрасли. Формируются новые базовые навыки, необходимые для успешного выхода на рынок труда в условиях цифровой экономики, среди них:

- концентрация и управление вниманием; они необходимы, чтобы справляться с информационной перегрузкой, управлять сложными механизмами и процессами;
- цифровая грамотность, способность работать в цифровой среде;
- креативность; рутинная деятельность будет уходить к роботам, востребована будет способность создавать новое;
- структурность мышления, понимание взаимосвязанности процессов и их взаимовлияния.

Вышеизложенное соответствует мировому тренду требований к инженеру. Так, бюро статистики труда США при оценке рынка труда в области ИТ на период до 2024 г. формулирует ряд следующих навыков, необходимых для ИТ-инженера:

- аналитические;
- внимание к деталям;
- изобретательность;

- навыки решения проблем;
- творческие;
- навыки критического мышления;
- коммуникативные. Инженеры часто работают в командах и должны взаимодействовать с другими членами команды и с соседними подразделениями, а также с нетехническими сотрудниками организации;
- лидерские;
- организаторские;
- опыт работы в смежных профессиях.

Всё это уже не просто усиление образовательных компетенций, это воспитание специалиста принципиально нового типа [1].

Формирование образовательного пространства в эпоху цифровой экономики

Кого и как должны готовить наши вузы, чтобы не отстать в гонке за технологическое лидерство? Для того чтобы определиться со стратегиями подготовки, нужно прежде всего ответить на вопрос: инженер – профессия элитная или массовая? Представляется, что в цифровой экономике будут востребованы инженеры разных типов, а именно:

- *инженеры-архитекторы*, обладающие системным мышлением, способные задумать сложную систему/механизм/и т.д., собрать команду для реализации проекта и организовать его выполнение;

- *инженеры-проектировщики* – глубокие профессионалы в своей области, способные спроектировать сложную систему/механизм/и т.д. Это элитные специалисты, которые будут создавать инструменты проектирования систем [2; 3]. И тут встает вопрос: а кто, собственно, будет обслуживать эти сложнейшие системы? Кто будет обеспечивать их работоспособность и следить, чтобы они не вышли из-под контроля? Очевидно, что должен быть ещё один тип инженеров;

- *инженеры по обслуживанию сложных систем и механизмов*, владеющие современными технологиями и понимающие, как эти системы живут и работают. То есть должна появиться большая когорта таких инженеров как массовая профессия. Более того, это

должны быть специалисты, которые будут постоянно отслеживать новые появляющиеся тренды. Жизнь технологий гораздо короче жизни оборудования, и никакая экономика не позволит себе одномоментно сменить свою производственную базу целиком. Поэтому эти инженеры должны обладать универсальными навыками и большим багажом знаний [4].

Таким образом, при ответе на вопрос о том, является ли специальность инженера в новой экономике элитной или массовой, мы должны, по-видимому, отказаться от самой постановки вопроса. Инженер, очевидно, специальность штучная, но массовая, и это не демагогическая игра слов, а конкретный тезис, определяющий характер подготовки инженера. Промышленность требует и будет требовать подготовки большого количества инженеров, тем не менее их подготовка должна быть именно индивидуально ориентированной, основанной на выполнении реальных (а не академических) проектов. Сегодня то обстоятельство, что нельзя подготовить инженера без привлечения его к выполнению реальных прикладных проектов, является общим местом. Однако реализация такой подготовки может быть основана на разных моделях (например, см. [5]). В настоящее время в мировой и отечественной практике используется ряд принципиально различных проектных моделей. Их описание и анализ требует отдельного исследования и существенно выходит за рамки настоящей статьи. Отметим лишь, что эти модели не следует противопоставлять друг другу. Модели нужны разные – как нужны инженеры разного типа и разного уровня подготовки. И здесь мы приходим к необходимости формирования образовательного пространства, ориентированного на подготовку инженеров для цифровой экономики.

Ключевым вопросом формирования такого пространства является создание механизма отображения требований современного цифрового производства на процесс обучения – механизма, позволяющего ор-



Рис. 1. Образовательное пространство

ганизовать цепочку «запрос на развитие от индустрии → подбор технологий → сборка элементов оборудования → запрос на компетенции персонала». Успешность функционирования такой цепочки определяется взаимодействием: «технологический партнёр – вуз – индустриальный партнёр». Это взаимодействие служит средой для формирования новых компетенций – как отвечающих реальным запросам промышленности и обеспеченных технологическими достижениями, но не обеспеченных кадрами, так и опережающих текущие запросы промышленности и обеспечивающих кадровый потенциал для внедрения новых технологий. На рис. 1 приведена примерная архитектура образовательного пространства подготовки специалистов цифровой экономики.

На базе сформированного образовательного пространства реализуются следующие элементы и принципы построения учебного процесса.

- Базовый учебный процесс осуществляется в полном соответствии с образовательным стандартом на своей и партнёрской (индустриальной) базе.

- Предусматривается связь обучения и реального мира. В образовательном пространстве строится цепочка технологий, оборудования и требований, повторяющая индустриальный процесс промышленного предприятия.

- Проекты строятся вокруг проблемы, которую надо решать, при этом не предполагается наличие чёткой постановки задачи – ожидаемый результат должен быть сформулирован командой.

- Разрабатывается лестница проектов с повышающимся уровнем сложности и неопределённости.

- Команда проекта является междисциплинарной (3–7 человек).

- В рамках проекта проводится три–четыре интенсивных курса по наиболее передовым на данный момент времени технологиям/решениям.

- Проектный практикум по разработке прототипа продукта является обязательной частью обучения.

- Результатом проекта должна быть работающая команда и прототип продукта.

Построенный таким образом учебный процесс позволяет учащимся изучить актуальную на сегодня технологию (State-of-the-Art), получить навык быстрого освоения нового теоретического материала, получить практические навыки использования изучаемой технологии, изучить оборудование, применяемое в данном технологическом процессе, сократить время выхода на рынок труда квалифицированных кадров. Выгода для индустрии заключается в возможности сократить временные и финансовые издержки по включению сотрудников в производственные процессы [6].

Выводы

Подводя итоги предпринятому нами об-суждению, отметим, что:

1) обучение инженеров в эпоху цифро-вой экономики становится, с одной стороны, важнейшим фактором успеха экономиче-ского развития, а с другой – требует корен-ного изменения самого образовательного процесса. Целью этих изменений является, в конечном итоге, сокращение сроков адап-тации специалистов на рабочем месте, что, в свою очередь, позволяет добиться скорей-шего внедрения в практику методов и техно-логий цифровой экономики;

2) развивающаяся промышленная рево-люция предъявляет новые вызовы к системе образования, предполагает внедрение новых форм и моделей обучения, в первую оче-редь – моделей обучения инженеров;

3) при всём многообразии предлагаемых моделей инженерного обучения все они предполагают существенное повышение в нём удельного веса практической составля-ющей; естественным инструментом практи-ческого обучения является проектная мо-дель обучения;

4) следует поддерживать тенденцию при-влечения работодателей к процессу подго-товки кадров не только на стадии формиро-вания у учащихся практических навыков, но

и на стадии планирования учебного процес-са в целом.

Литература

1. *Вчерашний П.М., Гафурова Н.В., Румянцев М.В., Осипенко О.А.* Инженерное образова-ние: Смена формата // Высшее образование в России. 2016. № 8/9. С. 15–21.
2. *Иванов В.Г., Похолков Ю.П., Кайбияйнен А.А., Зиятдинова Ю.Н.* Пути развития ин-женерного образования: позиция глобально-го сообщества // Высшее образование в Рос-сии. 2015. № 3. С. 67–79.
3. *Приходько В.М., Соловьев А.Н.* Каким быть современному инженерному образованию? (Размышления участников форума) // Выс-шее образование в России. 2015. № 3. С. 45–56.
4. *Веселов Г.Е., Лызь Н.А., Лызь А.Е.* Постро-ение будущего: Опыт поэтапного совершен-ствования инженерного образования // Выс-шее образование в России. 2017. № 5. С. 15–22.
5. *Двуличанская Н.Н., Пясецкий В.Б.* Инженер-ное образование: практико-ориентирован-ный подход // Высшее образование в России. 2017. № 7 (214). С. 147–151.
6. *Сигов А.С., Сидорин В.В.* Требования к ин-женерам в условиях Новой индустриализа-ции и пути их реализации // Инженерное об-разование. 2012 № 10. С. 80–91.

Статья поступила в редакцию 20.09.17.

Принята к публикации 15.10.17.

SOME MODERN APPROACHES TO ENGINEERING EDUCATION

Igor R. AGAMIRZIAN – Cand. Sci. (Phys. and Math.), Vice President HSE, e-mail: iagamirzian@hse.ru

Evgeny A. KROUK – Dr. Sci. (Engineering), Prof., academic supervisor, acting director of the Moscow Institute of Electronics and Mathematics (MIEM HSE), e-mail: ekrouk@hse.ru

Veronika B. PROKHOROVA – Cand. Sci. (Engineering), advisor MIEM HSE, e-mail: vprokhorova@hse.ru

National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia

Address: 20, Myasnikskaya str., Moscow, 101000 Russian Federation

Abstract. This article discusses the demands that the digital economy and the modern labor mar- ket make on engineering education. The authors dwell on the issues of the formation of an educa- tional space for training of engineers, the construction of an educational process on the basis of the project model of training. The question under consideration is whether the profession of an engineer

is elite or mass. The paper proposes the classification of engineering labor depending on the nature of the work performed, presents new basic skills required for engineers to successfully enter the labor market in the digital economy. It is concluded that there is a need for a radical change in the educational process of engineer training, for attracting employers to the training process not only at the stage of students' practical skills formation, but also at the stage of planning the educational process as a whole. The goal of these changes is, ultimately, reducing the time of specialists' adaptation in workplace. This will enable the methods and technologies of the digital economy to be early implemented.

Keywords: engineering education, project training model, new basic skills, modern labor market, classification of engineering labor, digital economy

Cite as: Agamirzian, I.R., Krouk, E.A., Prokhorova, V.B. (2017). [Some Modern Approaches to Engineering Education]. *Vysshee obrazovanie v Rossii* = Higher Education in Russia. No. 11(217), pp. 43-48. (In Russ., abstract in Eng.)

References

1. Vcherashnii, P.M., Gafurova, N.V., Rumyantsev, M.V., Osipenko, O.A. (2016). [Engineering Education: Change of Format]. *Vysshee obrazovanie v Rossii* = Higher Education in Russia. No. 8/9, pp. 15-21. (In Russ., abstract in Eng.)
2. Ivanov, V.G., Pokholkov, Yu.P., Kaibiyainen, A.A., Ziyatdinova, Yu.N. (2015). [Ways of Development of Engineering Education: The Position of the Global Community]. *Vysshee obrazovanie v Rossii* = Higher Education in Russia. No. 3, pp. 67-79. (In Russ., abstract in Eng.)
3. Prihod'ko, V.M., Solov'ev, A.N. (2015). [What should be the modern engineering education? (Thinking of global forum participants)]. *Vysshee obrazovanie v Rossii* = Higher Education in Russia. No. 3, pp. 45-56. (In Russ., abstract in Eng.)
4. Veselov, G.E., Lyz', N.A., Lyz', A.E. (2017). [Construction of the Future: The Experience of Phased Improvement of Engineering Education]. *Vysshee obrazovanie v Rossii* = Higher Education in Russia. No. 5, pp. 15-22. (In Russ., abstract in Eng.)
5. Dvulichanskaya, N.N., Pyasetskii, V.B. (2017). [Engineering Education: A Practice-Oriented Approach]. *Vysshee obrazovanie v Rossii* = Higher Education in Russia. No. 7 (214), pp. 147-151. (In Russ., abstract in Eng.)
6. Sigov, A.S., Sidorin, V.V. (2012). [Requirements for Engineers in the New Industrialization and the Ways of Their Realization]. *Inzhenernoe obrazovanie* [Engineering Education]. No. 10, pp. 80-91. (In Russ., abstract in Eng.)

The paper was submitted 20.09.17.

Accepted for publication 15.10.17.