

УДК 378.4: 378.14.015.62

**ИССЛЕДОВАНИЕ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ
ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ПРОГРАММАМ ИНЖЕНЕРНОЙ МАГИСТРАТУРЫ****Ребрин О.И., Шолина И.И., Жилин А.С.***ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина»,
Екатеринбург, e-mail: a.s.zhilin@urfu.ru*

В статье представлены три фокуса исследований и проектирования, связанных с инженерной дидактикой. Первый – анализ различных вариантов компетентностного портрета инженера и контекстов инженерной деятельности, позволивший сформулировать ключевые компетенции для программ инженерной подготовки. Второй – моделирование образовательных программ с целью оптимизации системы формирования и оценивания компетенций. Представлен результат моделирования – дидактические модели образовательных программ Высшей инженерной школы УрФУ, разработанные в методологии результатов обучения. Третий – обследование студентов, проведенное с целью оценки сформированности заданных результатов обучения. В первом приближении основную компетенцию можно сформулировать как способность моделировать – проектировать – прототипировать с использованием PLM решений, далее конкретизация на области инженерной деятельности. При этом исследования (включая валидацию и верификацию) на всех этапах жизненного цикла становятся неотъемлемой частью инженерной практики, исследовательские компетенции приобретают все большее значение. При проектировании дидактических моделей сделаны акценты на Силлабусе, разработанном в рамках инициативы CDIO и системе результатов обучения INCOSE. Основными особенностями дидактических моделей образовательных программ ВИШ является студентоцентрированное обучение, включенность в контексты инженерной деятельности, интеграция технологий для эффективного обучения. В качестве основного подхода к оцениванию достижений студента рассматривается экспертное оценивание по результатам деятельности, которые фиксируются в Портфолио студента, содержащего разнообразные активности обучающегося – учет опыта производственной деятельности, сертификаты вендоров, участие в конкурсах, соревнованиях, проектах, конференциях, публикации и другие достижения. Такой подход к оцениванию является воплощением задач непрерывного профессионального образования, идеологии обучения в течение всей жизни.

Ключевые слова: обучение в течение всей жизни, методология результатов обучения, дидактическая модель, цифровая трансформация, портфолио, студентоцентрированное обучение, профессионализация, оценивание достижений обучающихся

**RESEARCH OF FORMATION OF COMPETENCES OF STUDENTS
ON PROGRAMS OF ENGINEERING MASTER DEGREE PROGRAM****Rebrin O.I., Sholina I.I., Zhilin A.S.***Ural Federal University named after the first Russian President B.N. Yeltsin, Ekaterinburg,
e-mail: a.s.zhilin@urfu.ru*

The article presents three focuses of research and design related to engineering didactics. The first focus is analysis of various variants of competence portrait of the engineer and contexts of engineering activity, which allowed to formulate key competencies for engineering study programs. The second focus is modeling of educational programs in order to optimize the system of formation and evaluation of competencies. The result of modeling is didactic models of educational programs of the Higher School of Engineering of UrFU developed in the methodology of learning outcomes. The third focus is survey of students conducted to assess the formation of the specified learning outcomes. In the first approximation, the core competence can be formulated as the ability to model-design-prototype using PLM solutions, which will be required by further specification on the field of engineering. At the same time, research (including validation and verification) at all stages of the life cycle is becoming an integral part of engineering practice; research competencies are becoming increasingly important. In designing of didactic models, emphasis is placed on the Syllabus developed under the CDIO initiative and the INCOSE learning outcomes system. The main features of didactic models of educational programs of the UNIVERSITY are student-centered learning, inclusion in the contexts of engineering, integration of technologies for effective learning. As the main approach to the assessment of student achievements is considered the expert assessment of the results which are recorded in the students «Portfolio» containing a variety of activities of student – experience, certificates of vendors, participation in tenders, competitions, projects, conferences, publications and other achievements. This approach to assessment is the embodiment of the objectives of continuing professional education, which lies in the basis the ideology of lifelong learning.

Keywords: lifelong learning, methodology of learning outcomes, didactic model, digital transformation, portfolio, student-centered learning, professionalization, evaluation of students' achievements

Контексты подготовки инженеров разнообразны, в данной статье затрагиваются наиболее значимые (с точки зрения авторов) для задач обозначенного исследования, а именно: цифровая трансформация производства, увеличение сложности технических систем, высокая динамика техноло-

гических изменений и экспоненциальный рост информации.

При переходе к цифровой экономике меняется спектр инженерных профессий и традиционное инженерное дело приобретает новые черты. Инженерия становится все более междисциплинарной и конвергентной.

В этом направлении меняется и образовательная парадигма. Фокусировка делается на трех важных аспектах. Первый – тренировка мыслительности и формирование системного мышления. Второй фокус – владение инженерными языками. Традиционный универсальный язык математики дополняется знанием языков программирования. Особое значение в современном сетевом мире приобретают языки коммуникации. Инженер должен свободно владеть этими основными языками при создании продуктов и систем. Третий фокус – это деятельность: уметь действовать в условиях неопределенности, в мире усложняющихся технологий и нестабильных социальных структур, не нарушая устойчивости окружающей среды, выявлять проблемы, моделировать ситуации, находить и обосновывать решения.

Цель исследования: выявить степень сформированности ключевых инженерных компетенций, достигнутых в результате реализации дидактической модели нового формата инженерного образования у выпускников программ инженерной магистратуры.

Материалы и методы исследования

Исследование, проектирование и апробация дидактических моделей подготовки инженеров осуществлялись в Высшей инженерной школе УрФУ в рамках программ развития Уральского федерального университета с 2014 г. Аналитические и описательные исследования различных аспектов подготовки инженеров были реализованы в ряде исследовательских и проектных работ [1]. В настоящей статье представлены результаты обследования выпускников программы магистратуры «Системная инженерия», проведенные в 2019 г. с целью выявления уровня сформированности интегрированных результатов обучения путем экспертного оценивания. Исследование 2019 г. было направлено на апробацию подходов и инструментария на выпускниках одной из программ магистратуры (выпуск составил 8 человек). Это обследование является частью комплексного исследования, осуществляемого при внедрении нового формата инженерного образования в Уральском федеральном университете. После коррекции инструментария, полученной на пилотном этапе обследование, будет проведено масштабированно до 10 магистерских программ.

Комплексное исследование включает в себя несколько взаимообусловленных задач:

1. Выявить как наиболее значимые для развития современных технологий инженерные компетенции.

2. Спроектировать систему формирования и оценивания результатов обучения для достижения этих компетенций.

3. Разработать дидактические модели, адекватные обозначенной выше системе.

4. Осуществить освоение дидактических моделей.

5. Провести анализ результатов обследования студентов, направленного на выявление сформированности результатов обучения.

На этапе аналитического исследования компетентностная модель инженера рассматривалась в трех измерениях: первое – контексты инженерной деятельности (различные индустрии и экономика в целом), второе – требования профессиональных сообществ инженеров, третье – дидактические модели подготовки инженеров.

При разработке нового формата инженерного образования и проектировании программ инженерной магистратуры в качестве ключевых компетенций были сформулированы следующие:

– моделирование – проектирование – прототипирование;

– управление жизненным циклом инженерной продукции;

– владение основными инженерными языками: математики, программирования, алгоритмизации и коммуникации;

– решение проблем, действуя в условиях неопределенности со сложными техническими системами и нестабильными социальными структурами;

– владение практиками системной инженерии.

Выпускники программ инженерной магистратуры должны демонстрировать:

– критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, разработка стратегии действий;

– поиск решения проблем, связанных с профессиональной деятельностью, с использованием методов моделирования и математического анализа

– комплексные исследования для решения инженерных задач, связанных с профессиональной деятельностью, включая проведение измерений, планирование и постановку экспериментов, интерпретацию полученных результатов;

– разработка технических средств, систем и процессов с учетом экономических, экологических и социальных ограничений;

– управление жизненным циклом технических систем, включая проектирование, анализ требований, этапы производства, эксплуатации, поддержки, модернизации, замены и утилизации.



Рис. 1. Модель программы инженерной магистратуры нового формата инженерного образования

Дидактические модели нового формата инженерного образования

Одним из важнейших моментов развития инженерного образования является определение связи, выстраивание корреляции между желаемым работодателями компетентным образом или портретом приходящего к нему на работу специалиста и путями достижения этого идеала в системе образования. Работодатель видит конкретного человека, приходящего на производство, профессиональные умения которого переплетены, связаны с его личностными качествами. Задача же системы образования относится к дифференциации этого цельного компетентного образа на составляющие, которые и формируются в образовательных программах. Эффективным инструментом строительства моста взаимопонимания «работодатель – система образования» является методология результатов обучения [2], которая предполагает ясные формулировки того, что будет уметь делать выпускник, какие личностные и межличностные умения в нем будут развиваться. Эти усилия должны обеспечить будущую компетентность специалиста, которая в полной мере может проявиться только в «боевой» обстановке производственного процесса, что обусловило включение в дидактическую модель (рис. 1) стажировок на предприятиях как значимую составляющую программ инженерной магистратуры.

Важным фактором для достижения результатов программы обучения является интеграция технологий. Реализация междисциплинарных проектов различной сложности командами студентов позволяет осознанно комбинировать и оптимизировать

содержание различных дисциплин учебного плана. Кроме того, это позволяет сконцентрировать образовательную деятельность вокруг цели. В сочетании с технологиями электронного обучения проектные и кейс-технологии позволяют обеспечить широкий спектр сетевых взаимодействий.

Сложный вопрос при формировании программ: чему отдать предпочтение фундаментальным естественнонаучным и математическим дисциплинам, или профильной инженерной подготовке? Немаловажно изменение подходов к гуманитарной компоненте инженерного образования. Трансляция информации, эпоха «говорящей головы» должна уйти в прошлое. Развитие открытого образования и рост количества, а главное – качества электронных ресурсов в гуманитарной сфере обеспечивает возможность реализации новых подходов в этом направлении. Важность формирования универсальных компетенций технических специалистов не вызывает сомнений. Качеств коммуникации, работы в команде, тех же самых soft skills, по достаточной объективной оценке работодателей, так не хватает молодому поколению, выросшему на опосредованном гаджетами общении. Положительные примеры новых подходов гуманитарного образования для инженеров известны. Это, прежде всего, своеобразные тренинговые технологии, когда студенты становятся активными участниками образовательного процесса и постигают технику коммуникации и мышления под руководством, а лучше при участии учителя, наставника или тьютора, пробуя ее эффективность в различных кейсовых ситуациях. Главное – не уповать на возможность сформировать универсальные компетенции

в специально отведенные часы, в специально разработанных даже самых лучших модулях. Необходимо так выстраивать образовательный процесс, чтобы эти умения формировались на протяжении всего обучения в контексте профессиональной подготовки и разного рода практик.

Не менее сложен вопрос о роли математического образования. На наш взгляд, безусловная полезность и необходимость качественной математической подготовки будущих инженеров обусловлена как минимум двумя соображениями. Прежде всего, математика была и остается важнейшим языком инженерии. Без знания, а главное, понимания основ этой науки овладеть другими инструментами инженерного труда невозможно. Второй аргумент состоит в признании математики как настоящей гимнастики ума, как средства формирования системного мышления, которое является основой изучения всех других точных наук.

Лучшие практики инженерного образования наилучшим образом формализованы сегодня в стандартах Всемирной инициативы развития инженерного образования CDIO [3–5]. Силлабус CDIO – фактически квинтэссенция опыта инженерного образования, дающая не только достаточно полное и детализированное описание всех требуемых инженеру качеств, но рецепт интенсификации обучения путем интеграции формирования личностных, межличностных и профессиональных компетенций.

Экспертное оценивание интегрированных результатов обучения

Компетентностная идеология, внедряемая в сферу труда и образования, породила спектр проблем, связанных с оцениванием. Распространенный подход, связанный с декомпозицией компетенций и проверкой знаний и умений, не дает адекватной оценки, поскольку целое не сводится к сумме частей. В методологии результатов обучения и целостном подходе к формулированию и оцениванию результатов обучения [6–8] выделяется экспертное оценивание как одно из значимых на этапе проверки интегрированных качеств. В дидактических моделях нового формата инженерного образования экспертное оценивание предполагает три аспекта – оценивает работодатель, преподаватель и сами студенты друг друга.

Экспертное оценивание в общем случае предполагает наличие процедуры и критериев оценивания. Важным аспектом является институциональная составляющая, обеспечивающая легитимность оценивания.

На этих же принципах разрабатываются методики и инструментарии независимого оценивания компетенций и квалификаций в рамках Национальной системы квалификаций (НСК). Институциональной составляющей НСК, отвечающей за достоверность оценивания являются Центры оценки квалификаций (ЦОК). Законодательное закрепление их полномочий присутствует в Законах

Экспертное оценивание результатов обучения, полученных в результате прохождения образовательной программы «Системная инженерия» строится на этих же принципах. Экспертное оценивание осуществляется как на уровне прохождения отдельных модулей, так и во время представления комиссии выпускной квалификационной работы. Комиссия формируется с учетом нормативной документации университета (официально назначается председатель комиссии – не аффилированный доктор наук; утверждается проректором по учебной работе состав комиссии и т.п.). Критерии оценивания результатов обучения разрабатываются на этапе дизайна программы в логике целостного подхода (Holistic approach) [6]. Каждый год осуществляется валидация результатов обучения по программе, что влечет за собой также корректировку критериев оценивания. Фиксация изменений осуществляется в Протоколах экспертных обсуждений и Распоряжении директора инженерной школы. Процедура оценивания включает два этапа: заочное оценивание представленных письменных работ – аналитических отчетов, эссе, описаний проектов, статей и других публикаций; очный этап реализуется в виде презентаций обучающимися своих идей и результатов работ в формате конференции, дискуссии, во время защиты выпускной квалификационной работы. Как уже упоминалось выше, экспертами выступают представители предприятий-партнеров, работодателей выпускников, сотрудники университетов, выпускники и студенты образовательной программы «Системная инженерия».

На ноябрь 2019 г. есть следующая статистика по программе: всего на программу за это время поступило 60 человек; на момент поступления 90 % имели трудоустройство и различные проектные активности, которые должны были продемонстрировать во время приемной компании; с 2014 г. состоялось четыре выпуска, выпускную квалификационную работу успешно защитили 27 магистрантов, из которых 30 % поменяли работу после окончания программы и более 50 % имеют карьерный рост в компании.

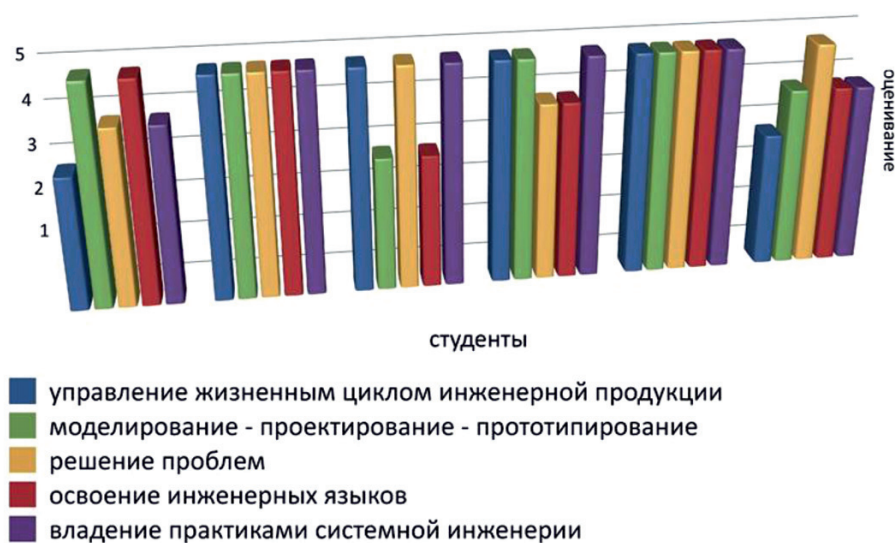


Рис. 2. Уровень сформированности компетенций у конкретных студентов, по экспертному мнению работодателей

Каждый год проводится экспертное оценивание выпускников со стороны представителей предприятий-партнеров. В 2019 г. было проведено экспертное оценивание восьми выпускников, обучавшихся по программе магистратуры «Системная инженерия» со стороны работодателей. Оценивание проводилось в два этапа, результаты фиксировались во время защиты выпускной квалификационной работы. На рис. 2 приведено экспертное оценивание сформированности у выпускников ключевых компетенций по программе. Оценивание осуществлялось по пятибалльной шкале. На рисунке представлены результаты по шести выпускникам, имеющим оценку ключевых компетенций по программе «Системная инженерия» выше среднего.

Заключение

Из полученных данных можно сделать вывод, что дидактическая модель, основанная на целостном подходе к формированию и оцениванию результатов обучения, позволяющая в полной мере использовать экспертное оценивание, удовлетворяет ожидания конкретные работодателей по сформированности ключевых компетенций у выпускников. Непосредственное заинтересованное участие работодателей при ежегодной валидации результатов обучения и активное участие в образовательном процессе оказывает определяющее значение в обеспечении качества подготовки студентов. Проблемы конкретных предприятий находят преломление в образовательных задачах и влияют на обновление

содержания реализации практической подготовки. Большое значение для достижения целей программы имеют стажировки на конкретных предприятиях, во время которых работодатели могут оценить профессиональные и личностные качества будущих работников.

Статья подготовлена в рамках проекта «Компаративный анализ социальных эффектов и влияния институциональных условий на профессиональную подготовку специалистов инженерных направлений», реализуемого при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований – РФФИ (грант № 19-011-00252).

Список литературы

1. Баникова Л.Н., Шолина И.И. Оценка системы подготовки инженерно-технических кадров: материалы комплексного исследования потребностей крупнейших региональных работодателей. Екатеринбург: ООО «Издательский Дом «Ажур», 2016. 272 с.
2. Rebrin O.I. Use of Learning Outcomes for Curriculum Design: Study guide. Vilnius: Ciklonas, 2016. 40 p.
3. Kamp A., Klassen R. Impact of global forces and empowering situations on engineering education in 2030. Proceedings of the 12th International CDIO Conference. Turku: Turku University of Applied Sciences, 2016. P. 1110–1120.
4. Crawley E.F., Malmqvist S., Östlund, Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach. Springer, 2014. 311 p.
5. Edström K. Aims of engineering education research – the role of the CDIO initiative. Proceedings of the 12th International CDIO Conference. Turku: Turku University of Applied Sciences, Turku, Finland, 2016.
6. Gibbs A., Kennedy D., Vickers A. Learning Outcomes, Degree Profiles, Tuning Project and Competences. Journal of the European Higher Education Area. 2012. vol. 15. no. 5. P. 71–87.
7. OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2015: Innovation for growth and society. OECD Publishing: Paris, 2015. 264 p. DOI: 10.1787/sti_scoreboard-2015-en.
8. A Tuning-AHELO Conceptual Framework of Expected Desired/Learning Outcomes in Engineering. OECD Publishing: Paris, 2011. 55 p. DOI: 10.1787/5kghtchn8mbn-en.