

УДК 378

DOI 10.54835/18102883_2022_31_5

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ УРОВНЯ ОСВОЕНИЯ СТУДЕНТАМИ ЗАПЛАНИРОВАННЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

Похолков Юрий Петрович^{1,2},

доктор технических наук, профессор, руководитель учебно-научного центра «Организация и технологии высшего профессионального образования»; президент, ruuori@mail.ru

Муравлев Игорь Олегович¹,

кандидат технических наук, доцент отделения электроэнергетики и электротехники, Инженерная школа энергетики; начальник отдела исследования проблем обеспечения качества инженерного образования, Учебно-научный центр «Организация и технологии высшего профессионального образования», iom@tpu.ru

Жадан Валерий Афанасьевич¹,

кандидат технических наук, инженер по защите информации отдела исследования проблем обеспечения качества инженерного образования, Учебно-научный центр «Организация и технологии высшего профессионального образования», zhadanva@tpu.ru

Корнева Ольга Юрьевна¹,

кандидат экономических наук, доцент, Школа инженерного предпринимательства, kornevaouyr@tpu.ru

Червач Мария Юрьевна¹,

ведущий эксперт отдела исследования проблем обеспечения качества инженерного образования, Учебно-научный центр «Организация и технологии высшего профессионального образования», chervachm@tpu.ru

Климова Галина Николаевна¹,

кандидат технических наук, доцент, отделение электроэнергетики и электротехники, Инженерная школа энергетики; эксперт отдела исследования проблем обеспечения качества инженерного образования, Учебно-научный центр «Организация и технологии высшего профессионального образования», gariki@tpu.ru

Леонова Лилия Александровна¹,

кандидат технических наук, доцент, отделение ядерно-топливного цикла, Инженерная школа ядерных технологий; ведущий эксперт отдела исследования проблем обеспечения качества инженерного образования, Учебно-научный центр «Организация и технологии высшего профессионального образования», leonovala@tpu.ru

Максимова Юлия Анатольевна¹,

старший преподаватель, отделение нефтегазового дела, Инженерная школа природных ресурсов; ведущий эксперт, отдел исследования проблем обеспечения качества инженерного образования, Учебно-научный центр «Организация и технологии высшего профессионального образования», yam3@tpu.ru

Першина Анна Александровна¹,

кандидат технических наук, доцент, отделение электронной инженерии,
Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности,
haydarova@tpu.ru

Савинова Олеся Вячеславовна¹,

кандидат геолого-минералогических наук, доцент, отделение геологии,
Инженерная школа природных ресурсов; эксперт, отдел исследования проблем
обеспечения качества инженерного образования, Учебно-научный центр
«Организация и технологии высшего профессионального образования»,
logvinenkoov@tpu.ru

Степанов Сергей Александрович¹,

кандидат физико-математических наук, доцент, отделение материаловедения,
Инженерная школа новых производственных технологий; эксперт,
отдел исследования проблем обеспечения качества инженерного образования,
Учебно-научный центр «Организация и технологии высшего
профессионального образования»,
stepanovsa@tpu.ru

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

² ООО «Ассоциация инженерного образования России»,
Россия, 119991, г. Москва, Ленинский пр., 6, стр. 21.

В статье описаны методические подходы и инструменты количественной оценки основного элемента качества инженерного образования – уровня освоения студентами/выпускниками компетенций, необходимых для осуществления успешной профессиональной инженерной деятельности. Авторами предложены алгоритм действий и математический аппарат для количественной оценки уровня подготовленности студентов/выпускников к профессиональной инженерной деятельности в процессе обучения по программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в области техники и технологии. Разработан и согласован с основными стейкхолдерами инженерного образования оптимальный (по количеству), унифицированный перечень инвариантных компетенций специалиста с высшим образованием, работающего в сфере техники и технологии. Определены и согласованы с представителями стейкхолдеров методологические подходы к тестированию студентов с целью оценки уровня их подготовленности к реальной инженерной деятельности. Проведены и представлены результаты исследования уровня подготовленности будущих инженеров к успешной профессиональной инженерной деятельности на основе анализа освоения двух компетенций студентами выпускных курсов бакалавриата, специалитета и магистратуры по шести направлениям подготовки. Уровень освоения студентами запланированных компетенций рассматривается и как результат обучения, и как существенная составляющая качества инженерного образования.

Ключевые слова: инженерное образование, качество инженерного образования, оценка результатов обучения, инвариантные компетенции, профессиональная инженерная деятельность.

Введение

В современной системе высшего образования в России при проектировании образовательных программ и учебно-методических материалов повсеместно применяется компетентностный подход, требующий четкого определения и формулирования компетенций, которые должны быть освоены студентами в процессе обучения. Следуя требованиям ФГОС и запросам стейкхолдеров, университеты формируют перечни компетенций как ожидаемых результатов обучения, включающих не только знания, но также умения и практические навыки. Определение и постулирование компетенций является необходимым, но не

достаточным условием для гарантии успешной подготовки студентов к профессиональной деятельности [1, 2]. Такие условия должны включать выполнение требований к мастерству и профессионализму научно-педагогического состава вуза, его материальной базе, а также объективные и адекватные методы количественной оценки уровня сформированности компетенций у выпускников инженерных программ.

В последние годы научно-педагогическое сообщество уделяет все большее внимание поискам эффективных методов обучения, направленных на достижение конкретных запланированных результатов. Разрабатыва-

ются и внедряются методы активного обучения, обеспечивающие вовлечение студентов в образовательный процесс, расширяется практика применения проектно-организованного, проблемно- и практико-ориентированного обучения, стимулируется самостоятельная творческая работа студентов [3]. Эти шаги позволяют говорить о попытке формировать умения и практические навыки у будущих инженеров в процессе их обучения в вузе.

Однако при оценке результатов обучения, как правило, применяются традиционные методы контроля, направленные на оценку уровня знаний. При этом оценка уровня освоения компетенций, в части умений и навыков, реализуется далеко не всегда.

Существующие методы контроля, направленные в большей степени на оценку знаний, становятся причиной еще одной актуальной проблемы – невозможности оперативно (в процессе обучения) и объективно оценить уровень подготовки студентов к профессиональной инженерной деятельности. Наблюдается большой временной лаг между периодом освоения компетенций, их проявлением и оценкой в реальной жизни. Нет возможности своевременно оценить и, при необходимости, скорректировать результаты обучения.

В данной статье представлены результаты исследования уровня сформированности выбранных компетенций у студентов выпускных курсов инженерных образовательных программ.

Определения и допущения

В научной литературе существует множество вариантов трактовки понятий «качество», «качество образования», «качество подготовки специалистов».

В наиболее обобщенном виде понятие «качество» можно описать как *степень удовлетворения потребителя*. При этом следует учитывать, что понятие «качество» относительно. Для разных потребителей одни и те же параметры, характеризующие качество образования, могут быть оценены по-разному.

Более подробное и многогранное определение дает В.О. Зинченко, предлагая под «качеством высшего образования» понимать *достижение социально значимых результатов подготовки специалистов, в которых отражены требования всех потребителей образовательных услуг, обеспечено формирование профессиональной и личностной компетент-*

ности специалиста в процессе наполненного особым содержанием, определенным образом организованного и реализованного профессионального обучения [4].

Принимая и учитывая предложенные определения, был сформулирован ряд *допущений*, обеспечивающих возможность количественной оценки результатов обучения – уровня сформированности запланированных с учётом требований профессиональных и образовательных стандартов компетенций как основного компонента качества инженерного образования:

- качество инженерного образования оценивается по степени удовлетворенности стейкхолдеров *уровнем подготовленности выпускника к профессиональной инженерной деятельности* по завершении обучения в вузе;
- уровень подготовленности выпускника к профессиональной инженерной деятельности может быть оценён *степенью освоения запланированных, согласованных со стейкхолдерами компетенций*, необходимых для профессиональной инженерной деятельности;
- уровень освоения студентами/выпускниками запланированных компетенций (степень достижения запланированных результатов обучения) может быть оценён по результатам тестирования в соответствии с требованиями, согласованными с основными стейкхолдерами.

Цели и задачи исследования

Данная работа является частью выполняемого в Томском политехническом университете проекта *«Разработка и пилотирование системы управления качеством инженерного образования в процессе подготовки специалистов»*.

Задачи проекта:

- определить состав основных элементов качества инженерного образования;
- разработать методические подходы и инструменты количественной оценки элементов качества инженерного образования;
- выявить и исследовать ключевые факторы, оказывающие влияние на качество инженерного образования, в процессе подготовки будущих специалистов;
- установить и исследовать закономерности изменения качества инженерного образования под влиянием ключевых факторов

в процессе подготовки будущих специалистов.

В данной статье представлены предварительные результаты исследования.

Гипотеза исследования:

Уровень подготовленности студентов к успешной профессиональной инженерной деятельности может быть определен количественно по результатам их тестирования по согласованным с основными стейкхолдерами методикам.

Методология и этапы исследования

Для достижения поставленной цели и выполнения задач были применены: системный подход, статистические методы обработки результатов, методы социологических и экспертных исследований (анкетирование, экспертный семинар) [5].

Последовательность действий при проведении исследований:

- определение и формулирование оптимального инвариантного перечня компетенций выпускников образовательных программ в области техники и технологий;
- формирование перечней конкретных компетенций по шести направлениям подготовки выпускников ТПУ различного уровня (бакалавриат, специалитет, магистратура), согласованных с ключевыми стейкхолдерами;
- разработка и согласование с представителями основных стейкхолдеров методики (системы) комплексной оценки уровня освоения студентами/выпускниками запланированных компетенций (результатов обучения);
- апробация методики комплексной оценки уровня подготовленности студентов и выпускников к успешной профессиональной инженерной деятельности.

Разработка перечня инвариантных компетенций

Широкий охват направлений инженерной подготовки выпускников даже в процессе предварительных исследований потребовал применения унифицированного подхода к набору и формулированию содержания компетенций, планируемых к освоению будущими специалистами.

Минимальные требования к такому набору компетенций:

- количество компетенций в наборе должно быть оптимальным;

- формулировки инвариантных компетенций должны позволять трансформировать их в соответствующие компетенции по любому направлению инженерной деятельности;

- содержание компетенций должно отражать обязательность формирования у будущих специалистов необходимых знаний, умений и навыков, обеспечивающих успешную профессиональную деятельность [6, 7].

Использование такого подхода позволило сформулировать оптимальный набор инвариантных компетенций, которые могут быть преобразованы в конкретные компетенции по любому направлению инженерной деятельности (таблица).

Формирование перечней конкретных компетенций по различным направлениям и уровням подготовки выпускников

На первом этапе исследования были охвачены шесть направлений подготовки специалистов, включая подготовку бакалавров, магистров и специалистов. В исследовании участвовали студенты всех курсов, включая выпускные (выпускники).

Во всех случаях формулирование содержания конкретных компетенций по каждой из основных образовательных программ (ООП) проводилось на основе унифицированных формулировок из перечня инвариантных компетенций с учётом мнения представителей ключевых стейкхолдеров и/или экспертной группы, включающей представителей производства, науки, высшего образования (7 человек).

В данной статье приведены результаты исследования освоения студентами выпускных курсов только двух компетенций из 10: «Разработка технической документации» и «Разработка технологических процессов».

Методика (система) комплексной оценки уровня освоения студентами/выпускниками запланированных компетенций (результатов обучения) и подготовленности их к успешной профессиональной инженерной деятельности

Проблемы оценки уровня подготовленности студентов/выпускников к профессиональной инженерной деятельности достаточно часто обсуждаются в инженерно-образовательном сообществе на различного рода конференциях, семинарах и в печати [8–10].

Использование компетентностного подхода на завершающей стадии учебного про-

Таблица. Инвариантные компетенции
Table. Invariant competences

Категории компетенций Categories of competencies	Универсальные компетенции, инвариантные по отношению к направлению, профилю, виду деятельности Universal competencies that are invariant with respect to the direction, profile, type of activity
Универсальные компетенции, имеющие знаниевый характер Universal competencies of knowledge character	
Обучение в течение всей жизни (саморазвитие, самореализация, профессиональный рост) Lifelong learning (self-development, self-realization, professional growth)	1. Формирование и развитие интеллектуального и культурного уровня (знания в области гуманитарных, социальных и экономических наук) Formation and development of the intellectual and cultural level (knowledge in the field of humanities, social and economic sciences)
	2. Системное мышление (анализ, систематизация, прогнозирование) Systems thinking (analysis, systematization, forecasting)
Универсальные компетенции, имеющие деятельностный характер Universal competencies of activity character	
Генерирование инновационных идей (по созданию конкурентоспособных образцов техники и технологии) Generation of innovative ideas (to create competitive models of equipment and technology)	3. Формирование научных задач Formation of scientific tasks
	4. Генерирование конкурентоспособных вариантов решений Generation of competitive solutions
Проектная деятельность и организация производства Design activities and organization of production	5. Использование информационных технологий Use of information technology
	6. Разработка технической документации Development of technical documentation
	7. Сбор и анализ данных, проектирование объектов профессиональной деятельности Collection and analysis of data, design of objects of professional activity
	8. Разработка технологических процессов Development of technological processes
Управление (менеджмент) Management	9. Внедрение технологических процессов Implementation of technological processes
	10. Управление процессами и коллективом Process and team management

цесса (контроль результатов обучения) требует применения таких способов, методов и подходов, которые позволили бы объективно и достоверно оценивать уровень освоения студентами/выпускниками запланированных компетенций.

Проведённые экспертные семинары с участием представителей основных стейкхолдеров и ведущих экспертов инженерно-образовательного сообщества позволили установить основные элементы и условия обеспечения работы системы контроля уровня достижения результатов обучения студентов в условиях использования компетентностного подхода [9, 11, 12].

Система в целом представляет собой определённые условия и выстроенные в определённой последовательности действия, позволяющие на любом этапе обучения (подготовки студентов к инженерной деятельности) осуществить независимый контроль уровня освоения планируемых компетенций (результатов

обучения) и использовать результаты контроля для корректировки деятельности всех участников процесса подготовки будущих инженеров (студенты, преподаватели, административный персонал вуза, стейкхолдеры...), а также совершенствования условий организации учебного процесса (инфраструктура, материальная база, связь с предприятиями реального сектора экономики). Комплексная оценка уровня освоения студентами/выпускниками запланированных компетенций по существу является главным элементом этой системы.

Последовательность действий, обеспечивающих работоспособность системы, представлена следующим рядом⁴:

1. Формулирование содержания компетенций с возможно полным описанием состава знаний, умений и навыков.

⁴ пп. 1, 2, 3, 4, 6, 7 выполняются по согласованию с представителями стейкхолдеров (заказчиков); пп. 5, 6 – по согласованию с руководителями ООП (заведующими кафедрами).

2. Определение условий тестирования (число вопросов по каждой компетенции, время, предоставляемое для ответов).
3. Формирование базы данных вопросов с установлением ограничений: доля вопросов на знания и умения⁵ и при необходимости доля открытых вопросов, доля вопросов, позволяющих оценить уровень развитости инженерного мышления и пр., наполненность базы данных по отношению к числу задаваемых при тестировании вопросов⁶).
4. Определение требований к содержанию и выбору предлагаемых для выбора ответов.
5. Принятие методов количественной оценки уровня освоения компетенций и уровня достижений планируемого результата обучения (математический аппарат).
6. Принятие критериев оценки результатов обучения.
7. Оценка уровня подготовленности выпускников к профессиональной инженерной деятельности.
8. Представление, обсуждение и анализ результатов контроля.
9. Формулирование рекомендаций по совершенствованию системы (обновление базы данных вопросов, условий проведения тестирования, критериев оценки и пр.

Предложенная система контроля результатов обучения студентов/выпускников может быть представлена в виде мобильного (или для ПК) приложения, позволяющего:

- обеспечить электронную базу для тренинга студентов;
- создать электронное портфолио (цифровой след/двойник) студента (для администрации вуза, заведующего кафедрой, руководителя ООП);
- осуществлять анализ деятельности преподавателей и условий обеспечения учебного процесса (для руководителя ООП).

Апробирование предложенного метода осуществлено на примере оценки уровня освоения двух компетенций студентами выпускных курсов по шести направлениям инженерной подготовки: бакалавриата – 66 человек, магистратуры – 47 человек, специалитета –

34 человека, и представлено следующими результатами:

1. На основе содержания инвариантных компетенций были сформулированы две компетенции по каждому их шести выбранных направлений инженерной подготовки. Формулировки были согласованы с экспертами – представителями работодателей (3), научно-образовательного сообщества (4), в их числе – руководитель ООП.
2. С участием экспертов были установлены условия тестирования: 15 вопросов по каждой компетенции; время, предоставляемое для ответов (тестирования) – 15 минут. В среднем 1 минута для ответа на 1 вопрос.
3. Сформированы базы данных вопросов, каждая из которых содержала 15 вопросов для одной компетенции, из которых 12 вопросов – на умения, 3 – на знания, открытых вопросов – 1.
4. Составлены базы данных ответов – как правило, по 4 ответа на каждый вопрос, в числе которых один правильный.
5. Выбран метод и предложен математический аппарат для расчёта и количественной оценки уровня освоения планируемых компетенций как произведение доли *правильных ответов*⁷ на *долю времени, оставшегося свободным*⁸, от максимально предоставленного для выполнения теста.
6. Выбраны критерии признания результата положительным: а) доля правильных ответов – не менее 0,8 (80 %); б) время тестирования – не более 15 минут. При выполнении этих условий уровень освоения студентом/выпускником запланированной компетенции считается удовлетворительным (приемлемым).
7. Проведено тестирование студентов выпускных курсов (147 человек).
8. Составлены базы данных количественных оценок уровней освоения запланированных компетенций и средних баллов оценок, набранных студентами к моменту тестирования.
9. Произведены статистическая обработка и анализ полученных результатов.

⁷ *доля правильных ответов* на вопросы тестирования; параметр ориентирован на *оценку компетенций в части знаний и умений*;

⁸ *доля времени, оставшегося свободным*, от максимально предоставленного для выполнения теста (скорость выполнения теста). Параметр ориентирован на *оценку приобретенных навыков продемонстрировать осведомлённость о знаниях и умениях*, т. е., навык выражается через скорость принятия решения по выбору правильного ответа из числа предложенных.

⁵ Вопросы, целью которых является выявление умений, должны, как правило, содержать необходимость выбора правильного порядка (алгоритма) действий.

⁶ Рекомендованный объём базы данных вопросов, позволяющий использовать механизм генератора случайных чисел для автоматического выбора числа, установленного для контроля вопросов, – не менее 90 вопросов по каждой компетенции.

Математический аппарат

Индивидуальный уровень, дискретная шкала – 3–5

Формула для расчета уровня подготовленности конкретного студента/выпускника к профессиональной инженерной деятельности:

$$*Q_{i \text{ вып}} = 3,75 \frac{R \cdot T}{t},$$

где R – доля правильных ответов на 80 % вопросов теста и более; T – время, установленное для тестирования; t – время, затраченное респондентом на ответы; $Q_{i \text{ вып}}$ – уровень подготовленности конкретного респондента (по пятибалльной шкале); 3,75 – нормирующий коэффициент.

*Формула справедлива при условии $R=0,8$ во всех случаях, если $(0,8 \leq R \leq 1,0)$; удовлетворительный уровень – $t=T$, во всех случаях, если $(0,75 < t \leq 1,0)$; хороший уровень – $t=0,75T$, во всех случаях, если $(0,6 < t \leq 0,75)$; отличный уровень – $t=0,6T$, во всех случаях, если $(t \leq 0,6)$.

Индивидуальный уровень, непрерывная шкала, 0–∞ (применяется при исследовании, промежуточном мониторинге)

$$Q_i = 3,75 \frac{R_i \cdot T}{t_i},$$

где R – доля правильных ответов на вопросы теста; T – время, установленное для тестирования; t – время, затраченное респондентом на ответы; Q_i – уровень подготовленности конкретного респондента (непрерывная шкала, 0–∞); 3,75 – нормирующий коэффициент

Предложенная система оценки может быть адаптирована для корпоративного уровня с целью оценки результатов обучения групп студентов и выпускников конкретных ООП, отделения, кафедры, факультета, школы, вуза и других коллективов.

Комплексная оценка уровня освоения конкретным студентом/выпускником всех запланированных компетенций (достижения запланированного результата обучения, готовности успешно осуществлять профессиональную инженерную деятельность) определяется как их среднеарифметическое значение.

На основании проведенного опроса представителей различных фокусных групп (руководителей ООП, представителей реального сектора экономики, преподавателей) сформирована дискретная шкала индивидуальной оценки уровня подготовленности студента/выпускника к профессиональной деятельности:

- Удовлетворительный уровень – респондент способен дать правильные ответы как минимум на 80 % вопросов, раскрывающих степень овладения им запланированных компетенций, в течение заданного времени.
- Хороший уровень – респондент способен дать правильные ответы как минимум на 80 % вопросов, раскрывающих степень овладения им запланированных компетенций, в течение не более 0,75 от заданного времени.
- Отличный уровень – респондент способен дать правильные ответы как минимум на 80 % вопросов, раскрывающих степень овладения им запланированных компетенций, в течение менее 0,6 от заданного времени.

Результаты пилотного исследования уровня освоения студентами/ выпускниками запланированных компетенций

Данные для анализа уровня подготовленности студентов выпускных курсов к профессиональной инженерной деятельности формировались на основании тестирования 147 респондентов. Респонденты представляли три фокусные группы студентов выпускных курсов: бакалавриат, специалитет, магистратура.

Систематизация результатов исследования проведена с применением метода корреляционно-регрессионного анализа.

Первым этапом апробации стало определение уровня освоения компетенций на основе тестовых опросов (выражен в доле правильных ответов). Получены предварительные результаты исследования двух компетенций для шести направлений профессиональной деятельности. Проведен анализ корреляции показателя «доля правильных ответов», применяемого в предложенной системе оценки, и показателя «средний балл студента», применяемого в традиционной системе оценки успеваемости студентов. Результаты представлены по трем фокусным группам студентов выпускных курсов: специалитет (рис. 1), бакалавриат (рис. 2), магистратура (рис. 3).

Предварительные результаты оценки освоения двух анализируемых компетенций студентами бакалаврских, магистерских программ и программ специалитета свидетельствуют об *отсутствии значимой корреляции* между уровнем освоения компетенций студентами выпускных курсов и средним баллом, набранным за весь период обучения.

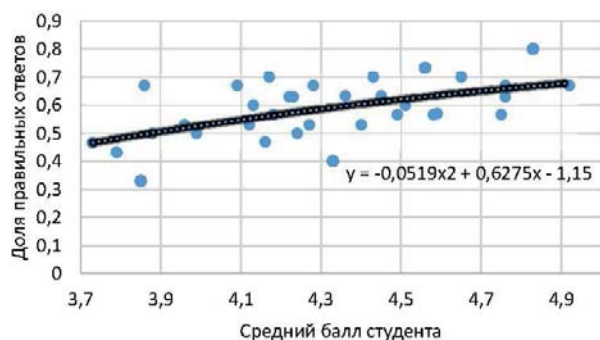


Рис. 1. Соотношение доли правильных ответов и среднего балла студента, специалистет (Коэффициент корреляции $r=0,24$)

Fig. 1. Correlation of the proportion of correct answers and the average score of a student, Specialist degree (Correlation coefficient $r=0,24$)

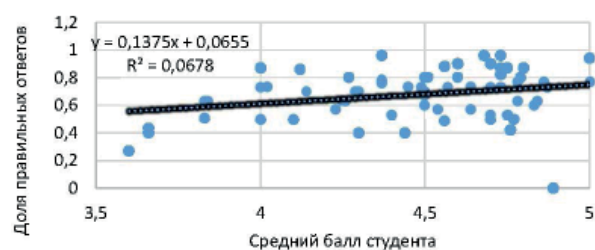


Рис. 2. Соотношение доли правильных ответов и среднего балла студента, бакалавриат (Коэффициент корреляции $r=0,23$)

Fig. 2. Correlation of the proportion of correct answers and the average score of a student, Bachelor degree (Correlation coefficient $r=0,23$)

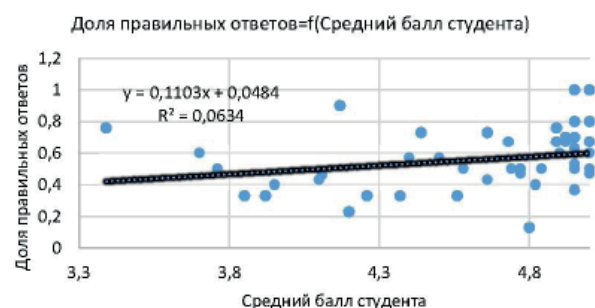


Рис. 3. Соотношение доли правильных ответов и среднего балла студента, магистратура (Коэффициент корреляции $r=0,25$)

Fig. 3. Correlation of the proportion of correct answers and the average score of a student, Master degree (Correlation coefficient $r=0,25$)

Во втором этапе апробации системы оценки проанализирован уровень подготовленности студентов к профессиональной деятельности на основе обобщённого параметра, учитывающего как долю правильных ответов, данных студентом на вопросы тестов, так и «скорость реакции», характеризующую наличие у студента/выпускника навыков демонстрировать знания и свою осведомлённость об умениях (не практически, но устно или письменно).

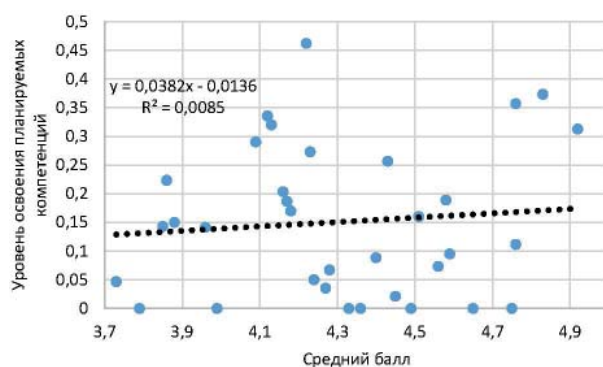


Рис. 4. Уровень освоения планируемых компетенций и среднего балла студента, специалистет (Коэффициент корреляции $r=0,092$)

Fig. 4. Level of mastering of planned competencies and the average score of a student, Specialist degree (Correlation coefficient $r=0,092$)

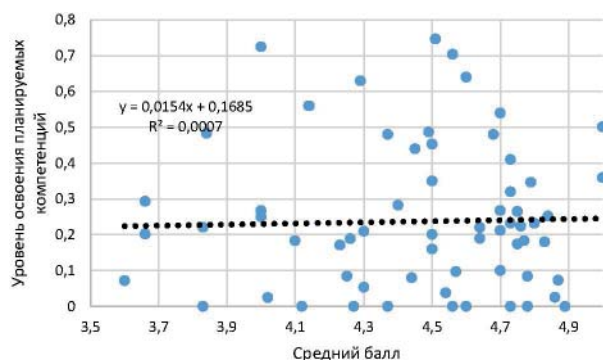


Рис. 5. Уровень освоения планируемых компетенций и среднего балла студента, бакалавриат (Коэффициент корреляции $r=0,026$)

Fig. 5. Level of mastering of planned competencies and the average score of a student, Bachelor degree (Correlation coefficient $r=0,026$)

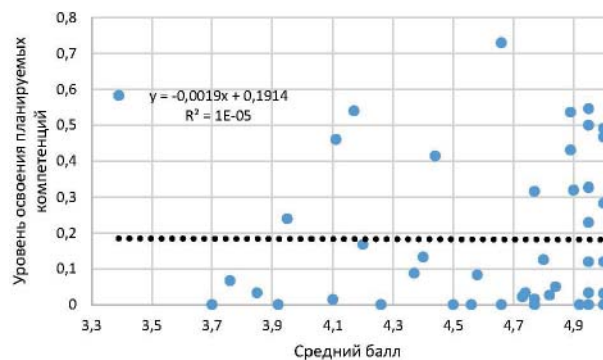


Рис. 6. Уровень освоения планируемых компетенций и среднего балла студента, магистратура (Коэффициент корреляции $r=0,003$)

Fig. 6. Level of mastering of planned competencies and the average score of a student, Master degree (Correlation coefficient $r=0,003$)

На основании результатов исследования можно предположить, что при обучении студентов основной акцент сделан на получение знаний, а также большее внимание уделяется

контролю знаний, а не способности действовать или даже правильно выбирать порядок действий в различных ситуациях (контроль умений и навыков). Это подтверждается относительно высоким средним баллом студентов и одновременно сравнительно невысокой оценкой уровня освоения компетенций.

Отсутствие корреляции между уровнями оценок результатов обучения, полученных при тестировании и на экзаменах, может означать также, что вопросы при тестировании, согласованные с экспертами, в числе которых были и представители производства, не соответствуют вопросам и ответам, используемым преподавателями при проведении экзаменов.

Заключение

Предварительные результаты исследования уровня подготовленности студентов выпускных курсов к профессиональной деятельности на сравнительно небольших выборках свидетельствуют о том, что в настоящее время при реализации образовательных программ и контроле результатов обучения большее внимания уделяется знаниевой, а не деятельностной составляющей образования.

В отличие от традиционной экзаменационной системы оценивания, предложенная в данной статье система оценки уровня освоения студентом/выпускником запланированных компетенций выявляет его способность демонстрировать знания и навыки выбора правильного алгоритма действий.

При применении данной системы оценки следует также учитывать, что, если даже сту-

дент способен в процессе тестирования быстро выбрать верный алгоритм действий, это не свидетельствует о наличии у него навыков реальных практических действий.

Для более точной оценки степени подготовленности студента/выпускника к реальной, а тем более к успешной профессиональной инженерной деятельности необходимо учесть сведения (информацию) об опыте практической, производственной работы студента в период его обучения по программе инженерной подготовки (практики, стажировки, результаты практической деятельности).

Тем не менее использование системы количественной оценки уровня освоения студентами запланированных компетенций в процессе обучения продвигает нас к возможности регулировать качество образования в процессе обучения.

Немаловажным этапом формирования системы управления качеством образования является изучение различных факторов, оказывающих влияние на качество образования, таких как мотивация студентов, вовлечённость студентов в учебный процесс, профессионализм профессорско-преподавательского состава, научно-исследовательская деятельность студентов, практическая ориентированность учебного процесса и др. Дальнейшие исследования предполагают разработку системы количественной оценки результатов обучения с учётом роли этих факторов и использование её для создания адаптивной системы управления качеством высшего инженерного образования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шматко Н.А. Компетенции инженерных кадров: опыт сравнительного исследования в России и странах ЕС // Форсайт. – 2012. – Т. 6. – № 4. – С. 32–47. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompetentsii-inzhenernyh-kadrov-opyt-sravnitel'nogo-issledovaniya-v-rossii-i-stranah-es> (дата обращения: 24.03.2022).
2. Pokholkov Y.P., Tolkacheva K.K. Why and how to engage students in the learning process // Proceedings of the 43rd SEFI Annual Conference 2015 – Diversity in Engineering Education: an Opportunity to Face the New Trends of Engineering, SEFI 2015. – Orleans, 2015. – P. 141–145.
3. Tolkacheva K.K., Pokholkov Yu.P., Kudryavtsev Yu.M. Role and choice of educational technologies in training of engineers // Kazan science. – 2014. – № 10. – P. 13–17.
4. Зинченко В.О. Качество учебного процесса как основа качества высшего образования // Царскосельские чтения. – 2016. – № XX. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kachestvo-uchebnogo-protssesa-kak-osnova-kachestva-vysshego-obrazovaniya> (дата обращения: 28.03.2022).
5. Толкачева К.К. Экспертный семинар как форма реализации целей проблемно-ориентированного обучения специалистов в области техники и технологии: дис. ... канд. пед. наук. – Казань, 2015. – 138 с.
6. «Об образовании в Российской Федерации». Федеральный закон № 273-ФЗ от 29 декабря 2012 года Ст. 2. П. 29. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/b819c620a8c698de35861ad4c9d9696ee0c3ee7a/ (дата обращения: 28.03.2022).
7. ФГОС ВО (3++) по направлениям бакалавриата. URL: <https://fgosvo.ru/fgosvo/index/24> (дата обращения: 28.03.2022).

8. Гусятников В.Н., Безруков А.И., Каюкова И.В. Количественные методы оценки уровня компетенций для систем управления качеством образования // Современные технологии управления. – 2015. – № 3 (51). – Номер статьи 5105. URL: <https://sovman.ru/article/5105/> (дата обращения: 21.03.2022).
9. К вопросу об оценке качества инженерного образования / В.А. Болотов, Е.Ю. Карданова, Е.С. Енчикова, Н.В. Илюшина, В.Г. Наводнов // Высшее образование сегодня. – 2015. – № 6. – С. 3–8. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24146980> (дата обращения: 28.03.2022).
10. Оценка качества инженерного образования в элитных и неэлитных вузах России / Н.В. Илюшина, Е.Ю. Карданова, И.С. Чириков, Е.Д. Рылько. URL: [https://iro.hse.ru/data/2016/08/02/1119853420/Оценка качества инженерного образования в элитных и неэлитных вузах России.pdf](https://iro.hse.ru/data/2016/08/02/1119853420/Оценка%20качества%20инженерного%20образования%20в%20элитных%20и%20неэлитных%20вузах%20России.pdf) (дата обращения: 28.03.2022).
11. Новиков А.М., Новиков Д.А. Как оценивать качество образования? // Сайт академика РАО Новикова А.М. URL: http://www.anovikov.ru/artikle/kacth_obr.htm (дата обращения: 28.03.2022).
12. Сергеева С.Ю., Обревко Е.Д. Современные подходы и методы оценки качества образования // Молодой ученый. – 2019. – № 37 (275). – С. 162–165. URL: <https://moluch.ru/archive/275/62424> (дата обращения: 28.03.2022).

Дата поступления: 31.03.2022 г.

UDC 378

DOI 10.54835/18102883_2022_31_5

COMPREHENSIVE APPROACH TO THE ASSESSMENT OF THE LEVEL OF STUDENTS' MASTERING OF THE PLANNED COMPETENCES

Yury P. Pokholkov^{1,2},

Dr. Sc., professor, head of the Research Center for Management and Technologies in Higher Education; president, pyuori@mail.ru

Igor O. Muravlev¹,

Cand. Sc., associate professor, head of Department, iom@tpu.ru

Valery A. Zhadan¹,

Cand. Sc., information security engineer, zhadanva @tpu.ru

Olga Yu. Korneva¹,

Cand. Sc., associate professor, kornevaoyur@tpu.ru

Maria Yu. Chervach¹,

leading expert, chervachm@tpu.ru

Galina N. Klimova¹,

Cand. Sc., associate professor, expert, gariki@tpu.ru

Liliya A. Leonova¹,

Cand. Sc., associate professor, leading expert, leonovala@tpu.ru

Yulia A. Maksimova¹,

senior lecturer, leading expert, yam3@tpu.ru

Anna A. Pershina¹,

Cand. Sc., associate professor, haydarova@tpu.ru

Olesya V. Savinova¹,

Cand. Sc., associate professor, expert, logvinenkoov@ tpu.ru

Sergei A. Stepanov¹,

Cand. Sc., associate professor, expert, stepanovsa@tpu.ru

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

² LLC «Association for Engineering Education of Russia», 6, bld. 21, Leninsky avenue, Moscow, 119991, Russia.

The article describes methodological approaches and tools for quantitative assessment of the main element of the quality of engineering education – the level of mastering by students/graduates of the competencies necessary for successful professional engineering activities. The authors propose an algorithm of actions and a mathematical apparatus for quantifying the level of preparedness of students/graduates for professional engineering activities in the learning process for undergraduate, specialist and master's programs in the field of engineering and technology. An optimal (in terms of quantity), unified list of invariant competencies for

a specialist with a higher education working in the field of engineering and technology has been developed and agreed with the main stakeholders of engineering education. Methodological approaches to testing students in order to assess the level of their preparedness for real engineering activities have been identified and agreed with representatives of stakeholders. The results of a study of the level of preparedness of future engineers for successful professional engineering activities were carried out and presented based on the analysis of the development of two competencies by graduate students of bachelor's, specialist's and master's programs in six areas of training. The level of mastering the planned competencies by students is considered both as a result of training and as an essential component of the quality of engineering education.

Key words: *engineering education, quality of engineering education, learning outcomes assessment, invariant competencies, professional engineering activity.*

REFERENCES

1. Shmatko N. Competences of engineers: evidence from a comparative study for Russia and EU countries. *FORESIGHT-RUSSIA*, 2012, vol. 6, no. 4, pp. 32–47. In Rus. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompetentsii-inzheneryh-kadrov-opyt-sravnitel'nogo-issledovaniya-v-rossii-i-stranah-es> (accessed: 24 March 2022).
2. Pokholkov Y.P., Tolkacheva K.K. Why and how to engage students in the learning process. *Proceedings of the 43rd SEFI Annual Conference 2015 – Diversity in Engineering Education: An Opportunity to Face the New Trends of Engineering*, SEFI 2015. Orleans, 2015. pp. 141–145.
3. Tolkacheva K.K., Pokholkov Yu.P., Kudryavtsev Yu.M. Role and choice of educational technologies in training of engineers. *Kazan science*, 2014, no. 10, pp. 13–17.
4. Zinchenko V.O. Kachestvo uchebnogo protsesa kak osnova kachestva vysshego obrazovaniya [The quality of the educational process as a basis for the quality of higher education]. *Tsarskoselskie chteniya*, 2016, no. XX. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/kachestvo-uchebnogo-protsesa-kak-osnova-kachestva-vysshego-obrazovaniya> (accessed: 28 March 2022).
5. Tolkacheva K.K. *Ekspertny seminar kak forma realizatsii tseley problemno-orientirovannogo obucheniya spetsialistov v oblasti tekhniki i tekhnologii*. Dis. Kand. nauk [Expert seminar as a form of realization of the goals of problem-oriented training of specialists in the field of engineering and technology. Cand. Diss.]. Kazan, 2015. 138 p.
6. «Ob obrazovanii v Rossiyskoy Federatsii». Federalnyy zakon № 273-FZ ot 29 dekabrya 2012 goda St. 2. P. 29 [«On Education in the Russian Federation». Federal Law No. 273-FL of December 29, 2012 Art. 2. P. 29.]. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174b819c620a8c698de35861ad4c9d9696ee0c3ee7a/ (accessed: 28 March 2022).
7. *FGOS VO (3++) po napravleniyam bakalavriata* [Federal State Educational Standard of Higher Education (3++) in the areas of undergraduate studies]. Available at: <https://fgosvo.ru/fgosvo/index/24> (accessed: 28 March 2022).
8. Gusyatnikov V.N., Bezrukov A.I., Kayukova I.V. Kolichestvennye metody otsenki urovnya kompetentsiy dlya sistem upravleniya kachestvom obrazovaniya [Quantitative methods for assessing the level of competencies for education quality management systems]. *Sovremennye tekhnologii upravleniya*, 2015, no. 3 (51), 5105. Available at: <https://sovman.ru/article/5105/> (accessed: 21 March 2022).
9. Bolotov V.A., Kardanova E.Yu., Enchikova E.S., Ilyushina N.V., Navodnov V.G. K voprosu ob otsenke kachestva inzhenernogo obrazovaniya [On the issue of assessing the quality of engineering education]. *Vyshee obrazovanie segodnya*, 2015, no. 6, pp. 3–8. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24146980> (accessed: 28 March 2022).
10. Ilyushina N.V., Kardanova E.Yu., Chirikov I.S., Rylko E.D. *Otsenka kachestva inzhenernogo obrazovaniya v elitnykh i neelitnykh vuzakh Rossii* [Assessment of the quality of engineering education in elite and non-elite universities in Russia]. Available at: https://iro.hse.ru/data/2016/08/02/1119853420/Otsenka_kachestva_inzhenernogo_obrazovaniya_v_elitnykh_i_neelitnykh_vuzakh_Rossii.pdf (accessed: 28 March 2022).
11. Novikov A.M., Novikov D.A. Kak otsenivat kachestvo obrazovaniya? [How to assess the quality of education?]. *Sayt akademika RAO Novikova A.M.* Available at: http://www.anovikov.ru/ricle/kacth_obr.htm (accessed: 28 March 2022).
12. Sergeeva S.Yu., Obrevko E.D. Sovremennye podkhody i metody otsenki kachestva obrazovaniya [Modern approaches and methods for assessing the quality of education]. *Molodoy ucheny*, 2019, no. 37 (275), pp. 162–165. Available at: <https://moluch.ru/archive/275/62424> (accessed: 28 March 2022).

Received: 31 March 2022.