

УДК 378

DOI 10.54835/18102883_2022_31_10

ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ И ОБЕСПЕЧЕНИЮ КАЧЕСТВА ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Похолков Юрий Петрович^{1,2},

доктор технических наук, профессор, руководитель учебно-научного центра
«Организация и технологии высшего профессионального образования»;
президент,
puuogi@mail.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 излагается подход к количественной оценке качества инженерного образования, позволяющий надеяться на возможность создания в будущем системы управления качеством инженерного образования. Приведён анализ проблем и проблемных ситуаций в инженерном образовании. Сформулированы постулаты и принципы организации инженерного образования, позволяющие предложить алгоритм действий и математический аппарат для количественной оценки результатов обучения и качества инженерного образования. Принятые допущения позволили представить комплексный портрет качества инженерного образования, включающий не только перечень требуемых компетенций, но также уровень сформированности у выпускников и студентов инженерных программ мировоззрения устойчивого развития, уровень развития инженерного мышления и уровень мотивации к инженерному труду и самосовершенствованию. В заключение сформулированы задачи, решение которых представляется необходимым при создании системы управления качеством инженерного образования.

Ключевые слова: Качество инженерного образования, инженерная деятельность, выпускники, инженерная образовательная программа, проблемные ситуации, постулаты, принципы, компетенции, мировоззрение устойчивого развития, инженерное мышление, мотивация, методика количественной оценки, оценка качества, алгоритм действий.

Введение

Инженерное образование волнует не только инженерно-образовательное сообщество, формирующее его качество, но и другие социальные группы населения, так как качество жизни конкретных людей, их благополучие, благополучие общества в целом, успехи в развитии государства во многом определяются качеством подготовки инженеров и результатами инженерного труда [1].

Внимание к проблемам инженерного образования в российском и международном инженерно-образовательном сообществе не ослабевает на протяжении многих десятилетий [2–4]. Национальные и международные научные, научно-методические, научно-практические семинары, конференции, школы, стратегические сессии, парламентские и общественные слушания – в онлайн и оффлайн форматах – хорошие площадки для обсуждения и принятия рекомендаций по разрешению проблемных ситуаций в этой сфере.

Анализ направлений исследований и обсуждаемых конкретных проблем в области

инженерного образования позволяет выделить «болевы́е точки», прикосновение к которым вызывает острые неоднозначные реакции в преподавательской среде и в реальном секторе экономики (производство, общество, власть, бизнес). Одной из таких «болевы́х точек» является качество инженерного образования.

Как социальная категория качество образования в целом определяет «состояние и результат образовательного процесса, его *соответствие потребностям* и ожиданиям общества (различных социальных групп) в развитии и формировании гражданских, бытовых и профессиональных компетенций личности» [5].

Представление качества инженерного образования как *требуемая степень сформированности профессиональной и личностной компетентности* специалиста с высшим образованием, подготавливаемого для работы в области техники и технологии, безусловно, содержит необходимость учитывать конкретные требования всех заинтересованных сторон (стейкхолдеров) к главному «продукту» инже-

нерного вуза – выпускнику инженерной программы. Спектр стейкхолдеров только на первый взгляд не широк – личность, общество, государство. Однако детальный его анализ показывает, что перечень заинтересованных сторон более чем разнообразен: студенты, их близкие, работодатели, сотрудники и администрация вузов, гражданское общество, бизнес, муниципальные, региональные и федеральные структуры, Министерство образования, государство в целом.

Как правило, спектр требований стейкхолдеров также разнообразен по направлениям и уровням, а иногда даже противоречив, что существенно усложняет для вуза решение задачи по обеспечению (гарантиям) необходимого качества инженерного образования выпускников. Неудовлетворённость качеством инженерного образования проявляется в попытках заинтересованных сторон оказать влияние на его уровень.

Наиболее яркой иллюстрацией такой реакции со стороны реального сектора экономики может служить открытие при крупных вертикально-интегрированных компаниях корпоративных университетов (в мире и России), объявление проектов «ТОП 5-100» и «Приоритет-2030» и других «грантовых» проектов, цели которых связаны с необходимостью обеспечивать более высокий уровень образования, в том числе инженерного [6–8].

Другими примерами таких реакций, но уже со стороны инженерно-образовательного сообщества, является инициатива CDIO, зародившаяся в 2000 г. в Массачусетском технологическом университете (MIT, США), подхваченная сегодня более чем полутора сотнями университетов в мире (в России – 16), создание и функционирование базовых кафедр в составе предприятий, применение практико- и проблемно-ориентированных образовательных программ и образовательных технологий и др. [9–11].

Система гарантий качества инженерного образования, принятая в мировом и отечественном инженерно-образовательном сообществе, представляется в виде «пирамиды качества».

В основании пирамиды – базовый элемент системы гарантий качества инженерного образования – высшее учебное заведение, его организационная и материальная база, уровень квалификации научно-педагогического состава (НПС), степень связи с производ-

ством, развитость и результативность научной и инженерной деятельности, активность студентов в учебной, научной и инженерной деятельности [12]. На этом базовом уровне должны быть обеспечены качество труда и средств труда НПС, качество абитуриентов, качество содержания инженерных образовательных программ и образовательных технологий, инфраструктуры вуза и пр.

Этажом выше в пирамиде располагается вузовская система менеджмента качества, позволяющая, при определённых условиях, гарантировать стабильность и качество технологического процесса реализации инженерных образовательных программ в вузе.

Важным элементом системы гарантий качества инженерного образования является государственная аккредитация вуза и, в её процессе, выборочная аккредитация инженерных образовательных программ, проверка их качества и соответствия требованиям государственных и профессиональных стандартов.

Следующий уровень пирамиды качества представлен профессионально-общественной аккредитацией инженерных образовательных программ отечественного или международного уровня, гарантирующей, в случае успешного прохождения аккредитации, признание качества, полученного по программе инженерного образования в международном и/или отечественном инженерно-образовательном пространстве.

И, наконец, в вершине пирамиды располагается самый важный, контролирующий элемент системы гарантий качества инженерного образования – сертификация профессиональных квалификаций [13]. Сертификация профессиональных квалификаций инженеров позволяет гарантировать качество инженерного образования с учётом мнения профессионального инженерного экспертного сообщества. Это мнение базируется не только на информации об уровне образования конкретного выпускника и результатах его профессиональной инженерной деятельности, но также учитывает и мировоззренческие аспекты, отношение к природе, к человеку...

Получение сертификата профессионального инженера возможно только при обязательном наличии определённого периода производственной деятельности (от 3 до 7 лет, в зависимости от страны).

Важно то, что в большей части стран, имеющих систему сертификации профессиональ-

ных инженеров и, следовательно, национальные регистры профессиональных инженеров, эта система имеет определённый правовой статус и государственное признание.

Таким образом, именно по результатам этого заключительного этапа/элемента системы, действительно, с большей степенью достоверности, можно судить о качестве инженерного образования, полученного выпускниками конкретных инженерных образовательных программ конкретных вузов. Количественной оценкой уровня качества инженерного образования в этом случае могла бы быть доля выпускников (программы, вуза), получивших сертификат профессионального инженера через 3–7 лет после окончания вуза. Однако корректирование процесса подготовки специалистов в вузе, с опорой на эту информацию, может быть предпринято с большим запаздыванием по времени.

Признавая безусловные достоинства сложившейся к настоящему времени системы гарантий качества инженерного образования, следует отметить отсутствие практики использования в ней адекватных, непротиворечивых методов количественной оценки качества инженерного образования, позволяющих оперативно управлять уровнем качества на всех стадиях процесса подготовки будущих инженеров и, таким образом, оказывать позитивное влияние на качество инженерного образования. Появившиеся в последнее время редкие публикации, продвигающие инженерно-образовательное сообщество к решению этой проблемы, настойчиво свидетельствуют об её актуальности и остроте [13–15].

На сегодня положение с оценкой качества инженерного образования может быть проиллюстрировано следующими фактами:

1. Как правило, количественная оценка качества инженерного образования не является формально требуемым показателем деятельности вуза, подготавливающего будущих инженеров.
2. В неформальных ситуациях для оценки качества инженерного образования вуз использует показатель «число заявок от работодателей на одного выпускника». Известно, что за уровень этого показателя будет учинён строгий спрос с заведующего профилирующей кафедры. В этих условиях показатель не столько характеризует качество образования, сколько усилия заведующего кафедрой и главным образом востре-

бованность выпускников данного профиля в этом регионе, в конкретной экономической ситуации, для решения конкретных задач работодателей, требования которых к качеству образования могут быть различными.

3. Нередко для характеристики качества образования используют средний балл выпускников или процент выпускников, оканчивающих вуз «с отличием». При этом все понимают, что использование этого показателя в условиях «подушевого» финансирования вуза (деньги – за студентом) и платного образования (иностранцы, отечественные внебюджетные студенты) с учётом необходимости выполнения показателей по привлечению внебюджетных средств за счёт ДПО может привести к получению весьма «лукавых» цифр.
4. В ряде случаев для оценки качества образования используют характеристику, подобную сертификации профессиональных инженеров – доля выпускников, работающих на ведущих, лидирующих предприятиях (в стране, мире), на высоких позициях, использование которой также не позволяет оперативно корректировать учебный процесс в интересах качества образования.

Этот краткий анализ показывает, что в настоящее время в системе инженерного образования отсутствуют методы, инструменты и регламенты адекватной, объективной и независимой оценки качества образования, позволяющие оценивать и регулировать его качество в процессе подготовки будущих инженеров в вузе.

К этому следует добавить, что общепринятые определения понятия качества образования ориентированы скорее на оценку степени удовлетворённости заказчиков выпускников инженерных программ, которая, во-первых, может зависеть от целого ряда факторов, не имеющих отношения к качеству образования, а, во-вторых, может быть ошибочно признана высокой по причине низкого уровня предъявляемых к выпускникам требований.

Целью статьи является попытка сформулировать и обосновать принципы и подходы к непротиворечивой количественной оценке качества инженерного образования, а также предложить математический алгоритм (аппарат), позволяющий осуществлять промежуточную (в процессе обучения) и итоговую количественную оценку уровня подготовлен-

ности будущего инженера к осуществлению успешной профессиональной инженерной деятельности, что в конечном итоге и характеризует качество инженерного образования. Предложенные методы могут позволить также выявить и исследовать роль различных факторов, влияющих на качество инженерного образования.

Представленные в статье подходы и методы количественной оценки результатов обучения и качества инженерного образования были успешно применены в 2020–2021 учебном году. В рамках планового исследования, проводимого в Томском политехническом университете, были проведены оценка и анализ результатов обучения студентов, подготавливаемых по программам бакалавриата, магистратуры и специалитета по 6 инженерным направлениям.

Демонстрация результатов этих исследований планируется в последующих публикациях участников исследований и не входит в число задач настоящей статьи.

Последовательность шагов по достижению поставленной цели может быть представлена следующим рядом:

- I. Описание проблемных ситуаций
- II. Формулирование постулатов
- III. Принятие допущений
- IV. Выбор методологии
- V. Формулирование принципов
- VI. Алгоритм действий, математический аппарат
- VII. Анализ результатов и формулирование рекомендаций

I. Проблемные ситуации

Рамки небольшой статьи не позволяют представить полный обзор и анализ проблем и проблемных ситуаций в инженерном образовании, поэтому ограничимся здесь только перечислением наиболее острых, ключевых проблем, касающихся больше оценки качества инженерного образования, решение которых может открыть путь к разработке системы управления качеством инженерного образования в вузе и усовершенствованию механизма гарантий качества инженерного образования, получаемого выпускниками инженерных программ.

Кратко перечень проблемных ситуаций может быть представлен следующим образом:

1. Отсутствие признанных инженерно-образовательным сообществом методов коли-

чественной оценки качества инженерного образования не позволяет эффективно управлять этой важнейшей характеристикой в процессе подготовки будущих инженеров в вузе. Использование для этой цели среднего балла студента/выпускника представляется противоречивым.

2. Компетентностный подход к организации подготовки выпускников инженерных образовательных программ в настоящее время в значительной степени формален. Наиболее полно он используется при разработке образовательных программ и рабочих программ дисциплин, однако в процессе обучения и особенно при контроле результатов обучения его использование существенно снижено или отсутствует полностью.
3. Содержание компетенций (знания, умения, навыки/владения) формально соответствует требованиям профессиональных и образовательных стандартов, однако при контроле результатов обучения требования к умениям и практическим навыкам, степени сформированности инженерного мышления и уровню мотивации выпускников к обучению и к инженерной деятельности в выбранном направлении далеко не всегда учитываются.
4. В профессиональных и образовательных стандартах и при реализации образовательного процесса, нацеленного на подготовку будущих инженеров, недостаточное внимание уделяется формированию у выпускников мировоззрения устойчивого развития, которое в конечном итоге позволяет обеспечивать научно-технический прогресс, экономное расходование ресурсов, качество жизни и технологическую культуру населения.
5. Реализация практико- и проблемно-ориентированности учебного процесса, направленного на качественную подготовку будущих инженеров, затруднена из-за отсутствия условий, позволяющих вузу эффективно использовать ресурсы производства для организации практик, стажировок студентов и преподавателей, включая активное участие представителей реального сектора экономики в учебном процессе.
6. Формулировки положений статьи 96 Федерального закона N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», регламентирующей профессионально-общественную

аккредитацию образовательных программ, слабо стимулирует администрацию вузов к использованию этого вида аккредитации. Выборочный контроль образовательных программ в процессе госаккредитации вузов не гарантирует приемлемый уровень качества всех программ вуза.

7. Отсутствие государственно признанной системы сертификации профессиональных инженеров (национального регистра профессиональных инженеров) является не только одной из главных причин, препятствующих созданию эффективной отечественной системы гарантий качества инженерного образования, но и не способствует укреплению института инженеров в России.
8. Подготовка для инженерной деятельности бакалавров и магистров, без их последующей сертификации как профессиональных инженеров, сокращение числа специалистов с дипломами/сертификатами, подтверждающими их принадлежность к профессиональному инженерному сообществу, создают риск размывания института инженеров в России, а возможно, и к полной его потере.

Совершенствование отечественной системы гарантий качества инженерного образования высокого уровня потребует системных действий, в числе которых и действия по разрешению перечисленных здесь проблемных ситуаций.

II. Постулаты

Формулирование и принятие постулатов не требует их доказательств, но может явиться базой для выбора подходов и инструментов по выходу из проблемных ситуаций.

Представление понятия «качество инженерного образования» как некоего образа/портрета инженерного образования позволяет сформулировать постулаты, опора на которые может помочь в доказательстве «теорем», касающихся проблем качества.

1. Любой образ является сложным и может быть представлен композицией бесконечного числа измеряемых⁹ признаков, ориентируясь на которые может быть про-

⁹ при иррациональном подходе возможно предположить, что существуют и не измеряемые, «чувственные» признаки, ориентируясь на которые может быть произведена субъективная качественная оценка образа в целом.

изведена объективная количественная оценка образа в целом. Всегда существует достаточное/минимальное количество измеряемых признаков для приемлемой (допустимой) количественной оценки образа в целом. *Качество инженерного образования – сложная система, образ которой может быть представлен минимальным/достаточным набором составляющих, количественная оценка которых может быть осуществлена как отдельно, так и в совокупности.*

2. Оценочное суждение индивида/потребителя об образе опирается на набор ценностей, которым он неизменно следует. Всегда найдутся более, чем два индивида, имеющие одинаковый набор ценностей.
3. Мировоззрение устойчивого развития (набор ценностей) в современном мире свойственно широкому спектру стейкхолдеров инженерного образования. Сформированность этого мировоззрения у выпускников инженерных программ существенно повысит качество их инженерного образования и расширит их востребованность.
4. Для каждого индивида всегда имеется хотя бы один наиболее привлекательный образ, характеризующийся набором определённых признаков. Всегда существует возможность диверсифицировать набор признаков, характеризующих образ, позволяющий удовлетворить индивида.
5. Диверсификация инженерного образования – наиболее эффективный инструмент повышения уровня его качества в целом.
6. Нет предела совершенству образа. Всегда найдётся профессионал, способный его улучшить.

Качество инженерного образования можно повысить, привлекая к учебному процессу лидирующих профессионалов из реального сектора экономики.

III. Допущения

1. Качество относительно, измеряемо, управляемо.
Определение – допущение:
«Качество инженерного образования – степень соответствия достигнутых обобщённых результатов обучения выпускника инженерной образовательной программы сбалансированным требованиям стейкхолдеров, обеспечивающим его успешную профессиональную и инженерную деятельность».

2. Обобщённые результаты обучения – **набор компетенций**, обозначенных конкретными стейкхолдерами¹⁰, а также компетенции и **иные характеристики специалиста**¹¹, необходимые и достаточные для его **успешной профессиональной инженерной деятельности**, обозначенные в соответствии со стандартом вуза и другими требованиями.
3. Успешная профессиональная инженерная деятельность – профессиональная инженерная деятельность выпускника, демонстрирующая достижение **конкурентоспособных результатов, признанных инженерным сообществом**.
4. Иные характеристики специалиста, необходимые и достаточные для его успешной профессиональной инженерной деятельности:
 - *сформированность определённого мировоззрения;*
 - *развитость инженерного мышления;*
 - *уровень мотивации выпускника к обучению и к инженерной деятельности.*

IV. Методология

Методология исследования включает в себя подход «от общего к частному» и основывается на одном из девизов ООН, ориентирующих человеческое общество на достижение целей устойчивого развития: «думать глобально – действовать локально» [16].

Реализация этого подхода предполагает последовательное движение, в условиях принятых допущений, от общего непротиворечивого понятия «качество инженерного образования» к его составляющим, детализации результатов обучения, их количественной оценке и, с учётом требуемых уровней результатов обучения, к системе управления качеством инженерного образования в процессе подготовки конкретного буду-

щего инженера по конкретной инженерной образовательной программе/траектории. Методология предполагает использование системного подхода, методов социологических исследований (опросы, анкетирование), математического моделирования, статистической обработки результатов, а также использования метода экспертного семинара [17].

V. Принципы построения системы количественной оценки и обеспечения качества инженерного образования:

1. *Целевой подготовки* реализуется путём согласования с конкретным стейкхолдером (конкретными стейкхолдерами) требований к граничным значениям обобщённого показателя качества инженерного образования и его составляющим, а также методов и форм их количественной оценки.
2. *Ориентации на измеряемые признаки* реализуется путём выбора и использования признаков, ориентация на которые позволяет осуществить количественную оценку исследуемого параметра.
3. *Комплексности* предполагает, что показатель, характеризующий качество инженерного образования, – сложная комплексная характеристика, при оценке которой должен быть учтён вклад каждой составляющей (удельный вес) в общий итоговый результат.
4. *Единства размерности* реализуется выбором единой шкалы (0–1) для оценки уровня достигнутых результатов обучения (общих и частных), обеспечивающей возможность получения сравнительных оценок при проведении корректирующих мероприятий по управлению результатами обучения. Реализация принципа обеспечивается выбором для измерения признаков таких показателей, как доля и/или удельное значение.
5. *Универсальности* обеспечивается возможностью применения системы как для количественной оценки качества инженерного образования в целом, обеспечиваемого кафедрой, факультетом, вузом, так и для оценки конкретных/частных результатов обучения – оценки уровня подготовки к успешной профессиональной деятельности конкретного выпускника в конкретном направлении и виде инженерной деятельности (конструкторская, технологическая, инженерное предпринимательство...).

¹⁰ Компетенции, формируемые у выпускника в интересах конкретных стейкхолдеров – обозначаются в профессиональных стандартах и других документах, в соответствии с которыми проводится подготовка специалиста.

¹¹ Компетенции, а также иные характеристики специалиста, необходимые и достаточные для успешной профессиональной инженерной деятельности, обозначаются в соответствии с государственным образовательным стандартом, стандартом вуза и требованиями отечественного и мирового инженерно-образовательного сообщества (требования международной профессионально-общественной аккредитации, сертификации профессиональных квалификаций, производственный опыт и др.)

VI. Алгоритм действий и математический аппарат

Сформулированные постулаты, принципы и принятые допущения позволяют выстроить алгоритм действий и алгоритм расчёта для количественной оценки результатов обучения будущих инженеров и качества инженерного образования конкретного выпускника, группы выпускников какой-либо специальности, факультета, вуза...

Последнее даст возможность осуществлять детальный анализ действий вуза по подготовке выпускников к успешной профессиональной инженерной деятельности, а также сформулировать рекомендации по совершенствованию этой деятельности.

Алгоритм построения системы оценки качества инженерного образования включает следующие действия:

1. Обоснование, выбор и согласование со стейкхолдерами *состава обобщённых результатов* обучения (подготовки) выпускников.
2. Разработка и согласование со стейкхолдерами (экспертами) *методов исследования и оценивания* обобщённого результата обучения выпускника и каждой из его составляющих.
3. Установление *конкретных требований (граничные значения) стейкхолдеров/экспертов* к уровням обобщённого результата обучения и его составляющих.
4. *Проведение «полевых» исследований* уровней обобщённого результата обучения выпускников/студентов и каждой из его составляющих.
5. *Расчёт значений составляющих* обобщённого результата обучения выпускника/студента
6. *Расчёт значения обобщённого результата* обучения выпускника с учётом вклада (удельный вес) каждой составляющей.
7. *Количественная оценка* качества инженерного образования выпускников инженерной образовательной программы на основе сравнения полученного расчётного значения обобщённого результата обучения с требуемым Заказчиком (граничные значения).

Математическое описание обобщённого результата обучения и его составляющих, по существу, является математической моделью качества инженерного образования, которая позволяет оценивать, исследовать и анализи-

ровать результаты обучения как в процессе подготовки будущих инженеров (студенты), так и при его завершении (выпускники).

VII. Обоснование, выбор и согласование со стейкхолдерами/экспертами состава обобщённых результатов обучения (подготовки) выпускников

Современное инженерное образование и, следовательно, содержание обобщённого результата обучения будущего инженера не может ориентироваться только на профессиональные компетенции, обозначенные конкретным Заказчиком. Разнообразие заинтересованных сторон (стейкхолдеров) – личность, общество, государство, бизнес, широкий спектр и изменчивость требований каждой из них заставляют выбирать более сложный образ обобщённого результата обучения будущего инженера, включающий позиции, которые сделают инженера более востребованным в современном мире и более способным позитивно влиять на него. Кроме, безусловно, необходимого набора компетенций, инженер должен обладать рядом характерных особенностей, позволяющих ему успешно осуществлять профессиональную инженерную деятельность, развивать современный мир технологий, сохраняя природу, ресурсы, улучшая качество жизни человека. В этом случае важными представляются такие характеристики личности инженера, как мировоззрение, стиль мышления, заряженность на получение результата. В принципе, так или иначе, при подготовке современного инженера формирование этих характеристик предполагается и декларируется [18–20]. Однако на практике оценка уровня их сформированности осуществляется далеко не всегда.

Анализ материалов исследований, результаты которых представлены в многочисленных публикациях и были предметом дискуссий на различного рода конференциях и совещаниях, посвящённых проблемам инженерного образования, мнения экспертов, представляющих различные группы стейкхолдеров, свидетельствует о том, что в состав характеристик, формирующих образ качества инженерного образования, следует включать:

- *компетенции* (общекультурные, общепрофессиональные, профессиональные, надпрофессиональные...), содержание которых включает знания, умения, навыки устно и письменно демонстрировать

знания и умения (на экзаменах...), навыки (опыт) реальной профессиональной инженерной деятельности;

- *мировоззрение устойчивого развития*, характеризующее способность выпускника осознанно и убежденно следовать принципам, ценностям и целям устойчивого развития ООН [21];
- *инженерное мышление*, позволяющее составить осмысленное представление о знаниях и методологии инженерной деятельности [22]. Прежде всего, это касается таких видов мышления, как *системное, критическое, аналитическое, творческое, алгоритмическое...*;
- *мотивацию выпускника к обучению и инженерной деятельности* в выбранном направлении, способствующую его абилитации – приобретению способности успешно адаптироваться к социальной и профессиональной среде, что обеспечивает стойкую возможность трудиться, учиться и быть полезным членом общества [23].

Количественная (0–1) оценка финального реально достигнутого обобщённого результата обучения ($R_{i,r,f}$) конкретного (i) выпускника инженерной образовательной программы может быть представлена суммой произведений количественных показателей (0–1) выбранных частных характеристик (составляющих обобщённого результата обучения) на соответственный удельный вес (0–1) каждой из них (выражение 1):

$$1) R_{i,r,f} = \sum K_{i,n,f} * \gamma_n$$

где $K_{i,n,f}$ – численное (0–1) значение частной (n) характеристики обобщённого результата обучения конкретного выпускника; γ_n – численное значение (0–1) удельного веса (вклада) n-й характеристики обобщённого результата обучения конкретного выпускника.

Следовательно, всегда численное значение оценки обобщённого результата обучения конкретного выпускника будет лежать в пределах от 0 до 1.

Для решения частных задач исследователи, если сочтут это более удобным, могут использовать как 10-балльную, так и 100-балльную шкалу, производя соответствующие арифметические действия.

В частном случае, учитывая возможность количественной оценки предложенных выше составляющих обобщённого финального (f) результата обучения конкретного

выпускника (i), уравнение для оценки будет иметь вид (выражение 2):

$$2) R_{i,r,f} = \{C_{i,r,f,\Sigma} * \gamma_C + S_{i,r,f} * \gamma_S + E_{i,r,f,\Sigma} * \gamma_E + M_{i,r,f,\Sigma} * \gamma_M\},$$

где $C_{i,r,f,\Sigma}$ – показатель (0–1) уровня сформированности всех запланированных компетенций (Competences) у конкретного выпускника; $S_{i,r,f}$ – показатель (0–1) уровня сформированности мировоззрения устойчивого развития (Sustainable development); $E_{i,r,f,\Sigma}$ – показатель (0–1) уровня развития всех видов (суммарно) инженерного мышления (Engineering thinking); $M_{i,r,f,\Sigma}$ – показатель (0–1) уровня мотивации (Motivation) выпускника к обучению и инженерной деятельности (суммарно); $\gamma_C, \gamma_S, \gamma_E, \gamma_M$ – удельный вес (0–1), соответственно, каждой из составляющих обобщённого результата обучения, характеризующий её вклад в общий результат.

Рассмотрим возможные методы и подходы к количественной оценке составляющих обобщённого результата обучения как основной характеристике качества инженерного образования.

Компетенции

Напомним здесь, что под компетенциями понимается *комплекс знаний, умений и навыков*. В том числе, *навыков устно и письменно демонстрировать знания и свою осведомлённость об умениях*, а также *навыков реальной профессиональной (производственной) инженерной деятельности*.

Как уже указывалось, использование компетентностного подхода при контроле результатов обучения на практике сведено к минимуму. Практика приёма экзаменов, какая бы строгая она ни была, не позволяет установить уровень освоения выпускником тех или иных компетенций, особенно в части оценки умений и навыков.

В связи с этим для оценки степени освоения компетенций выпускниками инженерных образовательных программ предлагается использовать методику тестирования, выстроенную с учётом экспертного мнения представителей промышленности и научно-образовательного сообщества.

Методика предполагает обязательное согласование с представителями стейкхолдеров или экспертным сообществом следующих позиций:

1. Содержание (описание основных требований) компетенций.

2. Содержание и характер вопросов, ответы на которые позволяют судить о степени освоения компетенции.
3. Содержание всех вариантов (правильных и неправильных) ответов на вопросы.
4. Время, предоставляемое для прохождения теста.
5. Условия проведения тестирования: предъявление одновременно всех вопросов либо по очереди, с ограничением времени ответа на каждый вопрос.

Опираясь на коллективное мнение группы экспертов (всего более 40 человек), представляющих промышленность и научно-образовательное сообщество, можно считать, что для выяснения степени освоения выпускниками инженерных программ запланированных компетенций достаточными и необходимыми являются следующие условия проведения тестирования:

- общее число планируемых и контролируемых компетенций 8–12;
- оптимальное количество вопросов для выяснения степени освоения каждой компетенции 15;
- общее число вариантов ответов, предлагаемых для выбора, 4, 5;
- соотношение числа вопросов «на знание»/«на умения» – от 0,2/0,8, до 0,5/0,5, в зависимости от характера компетенции;
- доля открытых вопросов в общем числе предлагаемых для ответов – не более 10 %, или могут не включаться в предлагаемый перечень;
- время, предоставляемое для ответов на вопросы теста, 1 минута на один вопрос, 15 минут – для ответов на вопросы по одной компетенции;
- при тестировании выпускникам предоставляется общее время для ответов на все предъявленные вопросы;
- тестирование может проводиться как по одной, так и по группе компетенций, включая их полный набор.

Предлагаемая методика комплексной количественной оценки уровня освоения компетенций выпускниками позволяет, при необходимости, учитывать различные показатели, характеризующие выпускника, такие, например, как средний балл (набранный к моменту тестирования), результаты тестирования, оцениваемые по доле правильных ответов на вопросы теста и скорости прохождения теста (навыки демонстрировать знания и навыки

демонстрировать знание того, «как действовать»), а также «навыки действовать реально», позволяющие судить об уровне практических, производственных навыков.

Исходя из этого количественный показатель уровня освоения выпускником всех планируемых компетенций с учётом среднего балла, набранного выпускником к моменту окончания вуза, и накопленного опыта практической деятельности может быть рассчитан по формуле:

$$3) C_{i,r,f,\Sigma} = \sum_0^{bcp} \left\{ \frac{b_i}{5} * \gamma_b + \gamma_c * \sum C_{i,r,f,n} + P_{ab,i} * \gamma_p \right\},$$

где $C_{i,r,f,n}$ – численное значение уровня освоения i -м выпускником n -й компетенции; b_i – средний балл, набранный выпускником к моменту окончания вуза; $P_{ab,i}$ – численный показатель уровня приобретённых студентом/выпускником практических навыков работы (Practical skills) по выбранному направлению инженерной деятельности; $\gamma_b, \gamma_c, \gamma_p$ – соответственно, удельные веса вклада в общий результат освоенных компетенций среднего балла, уровня освоения компетенций в части знаний, умений и навыков устно и письменно демонстрировать знания и умения, а также практических навыков.

Выражение (3) позволяет, при необходимости, рассчитать значение уровня сформированности компетенций без учёта среднего балла успеваемости выпускника ($\gamma_b=0$).

Численное значение, характеризующее уровень освоения i -м выпускником n -й компетенции ($C_{i,r,f,n}$) может быть определено по результатам тестирования и рассчитано по формуле:

$$4) C_{i,r,f,n} = 0,6q_{i,n,test} (T/t_{i,n}),$$

где $q_{i,n,test}$ – доля правильных ответов данных i -м выпускником при прохождении теста на уровень освоения n -й компетенции (0–1); 0,6 – нормирующий коэффициент; T – время, установленное для тестирования; $t_{i,n}$ – время, затраченное экзаменуемым на ответы;

Граничные условия:

формула (4) справедлива при условиях:

1. $(0,6T) \leq t_{i,n} \leq T$;
2. При любых значениях $t_{i,n} \leq (0,6T)$, всегда $t_{i,n} = 0,6T$.

Уровень сформированности мировоззрения устойчивого развития ($S_{i,r,f}$) – относительный показатель (0–1) (Sustainable development), уровень развития инженерного мышления ($E_{i,r,f,\Sigma}$), уровень мотивации вы-

пускников ($M_{i,r,f,\Sigma}$) оцениваются по результатам анкетирования с использованием известных, опубликованных в открытых источниках анкет или по результатам анкетирования с использованием анкет, вопросы которых составлены с участием экспертов и представителей промышленности.

В общем случае *количественная оценка* любого показателя на основании анализа ответов на вопросы анкет осуществляется *по уровню отношения числа выбранных ответов, в которых содержатся признаки проявления планируемой компетенции к общему числу ответов*. Формат, используемый для заполнения анкет, свободный (online/offline).

Уровень сформированности мировоззрения устойчивого развития ($S_{i,r,f}$)

Количественная оценка уровня сформированности у выпускника мировоззрения устойчивого развития осуществляется на основании анализа выбранных выпускником ответов на вопросы анкеты, содержащих предложения по достижению целей устойчивого развития ООН. Выбирая соответствующие ответы, выпускник демонстрирует или не демонстрирует свою приверженность целям и ценностям устойчивого развития.

$$5) S_{i,r,f} = n_s / N_s$$

где n_s – число ответов, содержащих предложения по достижению целей устойчивого развития ООН; N_s – общее число ответов.

Во всех случаях, когда показатель представляется комплексным, его количественная оценка осуществляется с учётом удельного вклада (удельного веса) каждой из составляющих.

Оценка общего уровня развития инженерного мышления

Оценка общего уровня развития инженерного мышления у выпускника ($E_{i,r,f,\Sigma}$) складывается из оценок уровней развития отдельных составляющих этого мышления, таких как: системное, критическое, аналитическое, творческое, алгоритмическое. Склонность к тому или иному виду мышления нередко определяет приоритетный вид инженерной деятельности и её результативность. Детальный анализ возможностей выпускника позволит использовать его потенциал более эффективно и быстро.

$$6) E_{i,r,f,\Sigma} = \{E_{i,r,f,s} * \gamma_{st} + E_{i,r,f,c} * \gamma_{ct} + E_{i,r,f,a} * \gamma_{at} + E_{i,r,f,m} * \gamma_{mt} + E_{i,r,f,d} * \gamma_{dt}\},$$

где $E_{i,r,f,s}$, $E_{i,r,f,c}$, $E_{i,r,f,a}$, $E_{i,r,f,m}$, $E_{i,r,f,d}$ – соответственно, оценки уровней развития системного (S), критического (c), аналитического (a), творческого (m) и алгоритмического (d) мышления; γ_{st} , γ_{ct} , γ_{at} , γ_{mt} , γ_{dt} – удельные веса соответствующих обозначениям видов мышления.

Оценка уровня мотивации выпускника ($M_{i,r,f,\Sigma}$) рассчитывается с учётом мотивации выпускника к учёбе (к совершенствованию и расширению своих знаний и умений), а также к труду в выбранном направлении инженерной деятельности:

$$7) M_{i,r,f,\Sigma} = \{M_{i,r,f,l} * \gamma_l + M_{i,r,f,ea} * \gamma_{ea}\},$$

где $M_{i,r,f,l}$ – уровень мотивации выпускника к учёбе, к совершенствованию и расширению своих знаний и умений (learning); $M_{i,r,f,ea}$ – уровень мотивации выпускника к труду в выбранном направлении инженерной деятельности (engineering activity); γ_l , γ_{ea} – удельный вес, соответственно, мотивации выпускника к учёбе и к труду.

При этом удельный вес каждой из составляющих финального результата обучения может быть назначен при оформлении целевого заказа на подготовку специалистов с учётом мнения Стейкхолдера.

Итоговая количественная оценка качества инженерного образования конкретного (i) выпускника инженерной образовательной программы ($Q_{i,f}$) определяется как процентное отношение количественной оценки реальных, достигнутых выпускником обобщённых результатов обучения ($R_{i,r,f}$) к количественной оценке требуемых (demand) обобщённых результатов обучения ($R_{d,i,f}$).

$$8) Q_{i,f} = (R_{i,r,f} / R_{d,i,f}) * 100 \%$$

Граничные значения для оценки качества инженерного образования, в соответствии с принятым определением «Качество инженерного образования – степень соответствия достигнутых обобщённых результатов обучения выпускника инженерной образовательной программы сбалансированным требованиям стейкхолдеров, обеспечивающим его успешную профессиональную инженерную деятельность» и принципом «Целевой подготовки», выбирает Стейкхолдер – заказчик и/или группа стейкхолдеров по согласованию.

Допущения при оценке уровня качества инженерного образования могут выглядеть следующим образом:

- Отлично – более 90 %,
- Хорошо – 75–90 %,
- Удовлетворительно – 60–75 %.

Корпоративный уровень качества инженерного образования (группы, специальности, факультета, вуза...) рассчитывается как среднеарифметическое значение показателя качества инженерного образования выпускников, включённых в её состав.

$$Q_{\text{corp}} = \sum Q_{i.f} / N,$$

где Q_{corp} – численное значение уровня качества инженерного образования выпускников специальности, факультета, выпускников вуза); $Q_{i.f}$ – численное значение уровня качества инженерного образования (i) выпускника; N – общее число студентов в оцениваемой группе.

Заключение

Совокупность обозначенных в статье проблемных ситуаций в инженерном образовании, принятых допущений, сформулированных постулатов и принципов, предложенного алгоритма действий и математического аппарата для количественной оценки качества инженерного образования может быть рассмотрена как один из возможных подходов к решению задачи по управлению качеством инженерного образования в процессе подготовки инженерных кадров.

Математический аппарат, использованный для количественной оценки результатов обучения выпускников, вполне приемлем для контроля промежуточных результатов подготовки студентов к будущей инженерной деятельности.

Подход даёт возможность сформулировать спектр задач, решение которых позволит создать систему управления качеством инже-

нерного образования в процессе обучения будущих инженеров, в частности:

- уточнить понятие компетенций, обратив внимание на их практическую составляющую;
- определить и уточнить признаки, ориентируясь на которые можно было бы количественно оценить уровень достижения студентом планируемых результатов обучения;
- разработать непротиворечивые методы количественной оценки отдельных результатов обучения (компетенции, инженерное мышление, мировоззрение, мотивация);
- разработать методы контроля планируемых результатов обучения, позволяющие проводить исследование их формирования в процессе обучения;
- разработать методы контроля результатов обучения с учётом требований заказчика, позволяющие обеспечить требуемое качество инженерного образования выпускников, подготовленных по целевому заказу;
- разработать алгоритм подготовки специалистов с заданным уровнем качества по целевому заказу;
- разработать метод количественной оценки обобщённого результата обучения (качества инженерного образования), учитывающего уровень удовлетворения требований заказчика;
- разработать базы данных (цифрового портфолио/цифрового следа студентов, НПР, учебно-методических материалов) для использования в целях повышения качества инженерного образования.
- разработать информационно-советующую систему управления качеством инженерного образования в процессе обучения будущих инженеров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Schwab K. Insight report: The Global Competitiveness Report 2019. World Economic Forum. – Geneva: SRO Kundig, 2019. – 648 p.
2. Сапрыкин Д.Л. Инженерное образование в России: история, концепция, перспективы // Высшее образование в России. – 2012. – № 1. – С. 125–137.
3. Похолков Ю.П. Национальная доктрина опережающего инженерного образования России в условиях новой индустриализации: подходы к формированию, цель, принципы // Инженерное образование. – 2012. – № 10. – С. 50–65.
4. Назарова И.Б. Вызовы для российских университетов и преподавателей // Высшее образование в России. – 2015. – № 8–9. – С. 61–68.
5. Ягофаров Д.А. Правовое регулирование системы образования – М.: ГОУ «Московский педагогический государственный университет», 2004. – 211 с.
6. Чанько А.Д., Баснер А.А. Корпоративные университеты: анализ деятельности в международных исследованиях // Российский журнал менеджмента. – 2015. – Т. 13. – № 3. – С. 79–110.

7. Шибанова Е.Ю., Платонова Д.П., Лисюткин М.А. Проект 5-100: Динамика и паттерны развития университетов // Университетское управление, практика и анализ. – 2018. – Т. 22. – № 3. – С. 32–48. DOI: 10.15826/umpra.2018.03.025
8. О мерах по реализации программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030». Постановление Правительства Российской Федерации от 13.05.2021 № 729. URL: <https://base.garant.ru/400793960/> (дата обращения: 21.03.2022).
9. Воробьева И.М. Усиление роли инженерного образования и практической составляющей образовательных программ в техническом вузе // Молодой ученый. – 2015. – № 11 (91). – С. 1304–1307. URL: <https://moluch.ru/archive/91/19565/> (дата обращения: 21.03.2022).
10. Переосмысление инженерного образования. Подход CDIO / Э. Кроули, Й. Малмквист, С. Остлунд, Д. Бродер, К. Эдстрём. – М.: ИД ВШЭ, 2015. – 504 с.
11. De Graaf E., Kolmos A. Characteristics of problem-based learning // International Journal of Engineering Education. – 2003. – V. 19. – № 5. – P. 657–662. URL: <https://www.ijee.ie/articles/Vol19-5/IJEE1450.pdf> (дата обращения: 21.03.2022).
12. Обеспечение и оценка качества высшего образования / Ю.П. Похолков, А.И. Чучалин, О.В. Боев, С.Б. Могильницкий // Высшее образование в России. – 2004. – № 2. – С. 12–27.
13. Найниш Л.А. Точки бифуркации технического вуза // Образовательные технологии – 2020. – № 3. – С. 22–28.
14. Рубин Ю.Б., Соболева Э.Ю. Независимость оценки качества высшего образования: критерии, принципы, реалии // Высшее образование в России. – 2021. – № 3. – С. 26–42.
15. 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).
16. Lee Yee Cheong. Evidence Based Education and the UN Sustainable Development Goals (SDGs) 2016–2030 // Children and Sustainable Development // Eds. A.M. Battro, P. Léna, M.S. Sorondo, J. von Braun. – Cham: Springer International Publishing, 2017. – С. 85–92. DOI: 10.1007/978-3-319-47130-3.
17. Tolkacheva K.K., Rozhkova S.V., Devyashina E. Expert assessment of mathematics teaching abstraction level // Engineering Education on Top of the World: Industry University Cooperation Proceedings of 44th SEFI Annual Conference, 12–15 September 2016, Tampere, Finland: Tampere University of Technology. – Brussels: SEFI, 2016. – 6 p. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28892292> (дата обращения: 21.03.2022).
18. Horvat M. Continuing engineering education as a driving force in university development // European Continuing Engineering Education, Conceptualizing the Lessons Learned / Ed. by P. Lappalainen. – Brussels: SEFI and TKK Diploi, 2009. – P. 15–29.
19. Арефьев А.Л. Об инженерно-техническом образовании в России. URL: http://www.socioprognoz.ru/files/File/publ/Inkzenerno_tehnicheskoe.pdf (дата обращения: 21.03.2022).
20. Шутова Л.А., Шутов А.И. Проблемы модернизации инженерного образования в России. URL: <http://kafedra.net.ua/ru/conferences/2014/107-2014-04-25-14-25-13.html> (дата обращения: 21.03.2022).
21. Цели в области устойчивого развития // Организация Объединенных Наций. URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals/> (дата обращения: 21.03.2022)
22. Пушканский Б.Я. Инженерное мышление, техническая картина мира, Мировоззрение инженера // Записки Горного института. – 2010. – Т. 187. – С. 188–201.
23. Похолков Ю.П. Инженерное образование России: проблемы и решения. Концепция развития инженерного образования в современных условиях // Инженерное образование. – 2021. – № 30. – С. 96–107.

Дата поступления: 25.03.2022 г.

UDC 378

DOI 10.54835/18102883_2022_31_10

APPROACHES TO THE ASSESSMENT AND QUALITY ASSURANCE OF ENGINEERING EDUCATION

Yury P. Pokholkov^{1,2},

Dr. Sc., professor, head of the Research Center for Management and Technologies in Higher Education; president,
pyuori@mail.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 presents an approach to the quantitative assessment of the quality of engineering education, which allows us to hope for the possibility of creating a quality management system for engineering education in the future. The analysis of problems and problem situations in engineering education is disclosed. The postulates and principles of organization of engineering education are formulated, which makes it possible to propose an algorithm of actions and a mathematical apparatus for quantitative assessment of learning outcomes and the quality of engineering education. The accepted assumptions allow presenting a comprehensive portrait of the quality of engineering education, which includes not only a list of required competencies, but also the level of formation of the sustainable development mindset among graduates and students of engineering programs, as well as the development level of their engineering thinking and the level of motivation for engineering work and self-improvement. A list of tasks is formulated in the conclusion; the solution of these tasks is essential for the creation of a quality management system for engineering education.

Key words: Quality of engineering education, engineering activity, graduates, engineering educational program, problem situations, postulates, principles, competences, sustainable development mindset, engineering thinking, motivation, quantitative assessment methods, quality control, algorithm of actions.

REFERENCES

1. Schwab K. *Insight Report: The Global Competitiveness Report 2019*. World Economic Forum. Geneva, SRO Kundig, 2019. 648 p.
2. Saprykin D. Engineering education in Russia: history, conception, future trends. *Vysshee obrazovanie v Rossii*, 2012, no. 1, pp. 125–137. In Rus.
3. Pokholkov Yu.P. National doctrine of advanced engineering education in Russia in the conditions of new industrialization: approaches to formation, purpose, principles. *Engineering education*. 2012, no. 10, pp. 50–65. In Rus.
4. Nazarova I.B. Challenges for Russian universities and teachers. *Vysshee obrazovanie v Rossii*, 2015, no. 8–9, pp. 61–68. In Rus.
5. Yagofarov D.A. *Pravovoe regulirovanie sistemy obrazovaniya* [Legal regulation of the education system]. Moscow, Moscow State Pedagogical University Publ., 2004. 211 p.
6. Chanko A.D., Basner A.A. Korporativnye universitety: analiz deyatel'nosti v mezhdunarodnykh issledovaniyakh [Corporate universities: analysis of activity in international studies]. *Rossiyskiy zhurnal menedzhmenta*, 2015, vol. 13, no. 3, pp. 79–110.
7. Shibanova E.Yu., Platonova D.P., Lisyutkin M.A. Project 5-100: dynamics and development patterns of universities. *University Management: Practice and Analysis*, 2018, vol. 22, no. 3, pp. 32–48. In Rus. DOI: 10.15826/umpa.2018.03.025.
8. *O merakh po realizatsii programmy strategicheskogo akademicheskogo liderstva «Prioritet 2030»* [On measures to implement the program of strategic academic leadership «Priority 2030»]. Postanovlenie Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 13.05.2021 № 729 [Decree of the Government of the Russian Federation No. 729 of May 13, 2021]. Available at: <https://base.garant.ru/400793960/> (accessed: 21 March 2022).
9. Vorobyeva I.M. Usilenie roli inzhenernogo obrazovaniya i prakticheskoy sostavlyayushchey obrazovatelnykh programm v tekhnicheskoy vuzе [Strengthening the role of engineering education and the practical component of educational programs in a technical university]. *Molodoy ucheny*, 2015, no. 11 (91), pp. 1304–1307. Available at: <https://moluch.ru/archive/91/19565/> (accessed: 21 March 2022).

10. Krouli E., Malmkvist Y., Ostlund S., Broder D., Edstrom K. *Pereosmyslenie inzhenerenogo obrazovaniya. Podkhod CDIO* [Rethinking engineering education. CDIO Approach]. Moscow, HSE Publ., 2015. 504 p.
11. De Graaf E., Kolmos A. Characteristics of problem-based learning. *International Journal of Engineering Education*, 2003, vol. 19, no. 5, pp. 657–662. Available at: <https://www.ijee.ie/articles/Vol19-5/IJEE1450.pdf> (accessed: 21 March 2022).
12. Pokholkov Yu.P., Chuchalin A.I., Boev O.V., Mogilnitskiy S.B. Obespechenie i otsenka kachestva vysshego obrazovaniya [Ensuring and assessing the quality of higher education]. *Vysshee obrazovanie v Rossii*, 2004, no. 2, pp. 12–27.
13. Naynish L.A. Tochki bifurkatsii tekhnicheskogo vuza [Bifurcation points of a technical university]. *Obrazovatelnye tekhnologii*, 2020, no. 3, pp. 22–28.
14. Rubin Yu.B., Soboleva E.Yu. Nezavisimost otsenki kachestva vysshego obrazovaniya: kriterii, printsipy, realii [Independence of the assessment of the quality of higher education: criteria, principles, realities]. *Vysshee obrazovanie v Rossii*, 2021, no. 3, pp. 26–42.
15. Gusyatinov V.N., Bezrukov A.I., Kayukova I.V. Kolichestvennyye metody otsenki urovnya kompetentsiy dlya sistem upravleniya kachestvom obrazovaniya [Quantitative methods for assessing the level of competencies for education quality management systems]. *Sovremennyye tekhnologii upravleniya*, 2015, no. 3 (51), 5105. Available at: <https://sovman.ru/article/5105/> (accessed: 21 March 2022).
16. Lee Yee Cheong. Evidence Based Education and the UN Sustainable Development Goals (SDGs) 2016–2030. *Children and Sustainable Development*. Eds. A.M. Battro, P. Léna, M.S. Sorondo, J. von Braun. Cham, Springer International Publishing, 2017. pp. 85–92. DOI: 10.1007/978-3-319-47130-3.
17. Tolkacheva K.K., Rozhkova S.V., Devyashina E. Expert assessment of mathematics teaching abstraction level. *Engineering Education on Top of the World: Industry University Cooperation Proceedings of 44th SEFI Annual Conference 2016*, 12–15 September 2016. Tampere, Finland, Tampere University of Technology. Brussels, SEFI, 2016. 6 p. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28892292> (accessed: 21 March 2022).
18. Horvat M. Continuing engineering education as a driving force in university development. *European Continuing Engineering Education, Conceptualizing the Lessons Learned*. Ed. by P. Lappalainen. Brussels, SEFI and TKK Diploi, 2009. pp. 15–29.
19. Arefyev A.L. *Ob inzhenerno-tekhnicheskoy obrazovaniy v Rossii* [On engineering and technical education in Russia]. Available at: http://www.socioprognoz.ru/files/File/publ/Inkzenerno_tekhnicheskoe.pdf (accessed: 21 March 2022).
20. Shutova L.A., Shutov A.I. *Problemy modernizatsii inzhenerenogo obrazovaniya v Rossii* [Problems of modernization of engineering education in Russia]. Available at: <http://kafedra.net.ua/ru/conferences/2014/107-2014-04-25-14-25-13.html> (accessed: 21 March 2022).
21. Tseli v oblasti ustoychivogo razvitiya [Sustainable Development Goals]. *Organizatsiya Obyedinennykh Natsiy*. Available at: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals/> (accessed: 21 March 2022).
22. Pukshanskiy B.Y. The notions of engineering thinking, the technical picture, the worldview of engineer's. *Journal of Mining Institute*, 2010, vol.187, pp. 188–201. In Rus.
23. Pokholkov Yu.P. Engineering education in Russia: problems and solutions. The concept of development of engineering education in modern conditions. *Engineering education*, 2021, no. 30, pp. 96–107. In Rus.

Received: 25 March 2022.