

Адаптация или деградация: что происходит с образовательной инновацией в условиях типового образовательного процесса?

Научная статья

DOI: 10.31992/0869-3617-2023-32-2-149-166

Исаев Александр Петрович – д-р эконом. наук, доцент, профессор кафедры «Системы управления энергетикой и промышленными предприятиями», Scopus ID: 56027986200, ORCID ID: 0000-0002-9539-5011, ap_isaev@mail.ru

Плотников Леонид Валерьевич – д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры «Турбины и двигатели», ORCID ID: 0000-0002-4481-3607, Scopus ID: 56993595200, ORCID ID: 0000-0002-9539-5011, leonplot@mail.ru

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина (УрФУ), Екатеринбург, Россия

Адрес: 620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19.

***Аннотация.** Статья посвящена изучению процессов трансформации инновационной технологии обучения в условиях типового образовательного процесса. Исследование проведено на примере технологии сквозного проектирования, разработанной на основе методологии CDIO в соответствии с её стандартами, для бакалавриата по техническим направлениям подготовки. В исследовании использовались методы экспертной оценки, письменного опроса, контент-анализа, структурно-логического и статистического анализа. В качестве экспертов выступали инженеры конструкторских подразделений промышленных предприятий, преподаватели инженерных дисциплин университета и студенты бакалавриата. Проведён обзорный анализ понимания образовательной инновации, имеющийся в научной литературе. Представлено сжатое описание технологии сквозного проектирования для учебно-производственного практикума, соответствующей критериям образовательной инновации. На основе экспертной оценки сделан детальный анализ влияния условий типового образовательного процесса вуза на изменение указанной технологии обучения на уровне характеристик учебной работы студентов и её результатов. Представлены данные об изменении инновационной технологии по критериям 12 стандартов CDIO, а также данные о её влиянии на формирование твёрдых и мягких навыков инженеров до и после адаптации. Проведён сравнительный анализ оценок изменений технологии обучения, сделанный студентами и экспертами, на основе которых обоснованы выводы о: 1) характере деградации образовательной инновации при внедрении её в типовой процесс обучения; 2) особой роли первых этапов технологии сквозного проектирования для формирования эффективных на-*

выков учебно-практической работы, которые частично компенсируют недостатки учебного процесса, вызванные её адаптацией под условия типового вузовского обучения. Также выдвинута гипотеза о причинах низкой эффективности образовательных инноваций в учебном процессе вузов.

Ключевые слова: образовательная инновация, технология обучения, инженерное образование, подход и стандарты CDIO, адаптация инновационной образовательной технологии, типовой образовательный процесс

Для цитирования: Исаев А.П., Плотников Н.В. Адаптация или деградация: что происходит с образовательной инновацией в условиях типового образовательного процесса? // Высшее образование в России. 2023. Т. 32. № 2. С. 149–166. DOI: 10.31992/0869-3617-2023-32-2-149-166

Adaptation or Degradation: What's Happen to Educational Innovation in a Typical Educational Process?

Original article

DOI: 10.31992/0869-3617-2023-32-2-149-166

Alexander P. Isaev – Dr. Sci. (Economic), Professor of the “System energy management and industrial enterprises” Department, Scopus ID: 56027986200, ap_isaev@mail.ru

Leonid V. Plotnikov – Dr. Sci. (Technical), Professor of the “Turbines and engines” Department, ORCID ID: 0000-0002-4481-3607, Scopus ID: 56993595200, leonplot@mail.ru

Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia
Address: 19, Mira str., Ekaterinburg, 620002, Russia

Annotation. The article is devoted to the study of the processes of changing innovative learning technology in the conditions of a typical educational process. The study was conducted on the example of end-to-end design technology (based on the CDIO methodology in accordance with its standards) for bachelor's degree in technical areas of training. The study used methods of expert assessment, written survey, content analysis, structural-logical and statistical analysis. The experts were engineers of design departments of industrial enterprises, teachers of engineering disciplines of the university and undergraduate students. A review analysis of the understanding of educational innovation available in the scientific literature is carried out. A concise description of the end-to-end design technology for a training and production workshop that meets the criteria of educational innovation is presented. Based on the expert assessment, a detailed analysis of the influence of the conditions of the typical educational process of the university on the change of the specified learning technology at the level of the characteristics of students' academic work and its results is made. Data on changes in innovative technology according to the criteria of twelve CDIO standards, as well as its impact on the formation of hard and soft skills of engineers before and after adaptation are presented. A comparative analysis of the assessments of changes in teaching technology made by students and experts is carried out, on the basis of which conclusions are substantiated about: 1) the nature of the degradation of educational innovation when it is introduced into the standard learning process; 2) the special role of the first stages of end-to-end design technology for the formation of effective skills of educational and practical work, which partially compensate for the shortcomings of the educational process caused by its adaptation to the conditions of a typical university education.

A hypothesis is also put forward about the reasons for the low efficiency of educational innovations in the educational process of universities.

Keywords: educational innovation, learning technology, engineering education, CDIO approach and standards, adaptation of innovative educational technology, standard educational process

Cite as: Isaev, A.P., Plotnikov, L.V. (2023). Adaptation or Degradation: What's Happen to Educational Innovation in a Typical Educational Process? *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 32, no. 2, pp. 149-166, doi: 10.31992/0869-3617-2023-32-2-149-166 (In Russ., abstract in Eng.).

Введение

Тема методического совершенствования образовательного процесса в вузе является одной из самых популярных и распространённых в исследованиях университетских преподавателей. Количество статей в периодических научных изданиях и тематических сборниках в соответствии с РИНЦ составляет 1204 за период с 2019 по 2021 гг. (запрос по ключевым словам «образовательная инновация» от 01.11.2022), а по базе данных Scopus – 1796 за тот же период (запрос по ключевым словам «educational innovation» от 01.11.2022). При этом, если в 2019 г. было опубликовано 460 научных работ, то в 2021 г. их уже 760 (почти двукратный рост). В то же время инновационное развитие образовательного процесса в инженерной подготовке в отечественных вузах уже длительное время вызывает много критических оценок [1; 2]. Происходящие изменения в образовательном процессе в основном обусловлены новыми техническими и информационными технологиями. Они создают удобство для учебной работы, открывают новые возможности для получения и обработки необходимой информации, способствуют формированию определённых компетенций, прежде всего цифровых, но принципиального влияния на уровень профессиональных способностей и качество профессиональной подготовки под их влиянием практически не происходит.

Противоречие между большим количеством научно-методических работ и медленным (а иногда и отсутствующим) ростом качества подготовки выпускников трудно объ-

яснить, если не рассматривать особенности их диффузии после создания и внедрения в образовательную практику. Большинство авторских разработок не имеют распространения и продолжают использоваться только в собственном методическом арсенале.

Относительно небольшое количество научно-методических разработок составляют масштабные новшества, которые существенно изменяют образовательный процесс от формирования содержания программы и концептуального подхода к организации подготовки выпускников до новых форм и технологий обучения, а также методик учебной и практической деятельности студентов. Разработка таких образовательных технологий, как правило, осуществляется в рамках программ развития, преобразований или при получении грантов, предполагающих дополнительное финансирование и возможности создания комфортных условий для проведения исследований, разработки инновационных идей и решений, проектирования методических и организационных инструментов, а также их апробацию в учебном процессе и внедрение в конкретную образовательную программу (ОП). После завершения программ развития и грантов такая инновационная образовательная технология оказывается в условиях типового процесса обучения, который по материальным возможностям существенно отличается от первоначальных комфортных условий её внедрения. В этой ситуации образовательная инновация имеет два варианта продолжения: 1) от неё отказываются, и она в целостном виде

больше не применяется; 2) её адаптируют под условия типового процесса обучения, в результате чего она меняется по многим параметрам, но сохраняет целевую функцию и относительную целостность. В данной работе представлен опыт изучения второго варианта изменения образовательной инновации – в ходе её адаптации под типовой процесс вузовского обучения.

Анализ инновационной деятельности вузов показывает, что инновациями в образовании считаются новшества, специально спроектированные, разработанные или случайно открытые в порядке педагогической инициативы. Инновации и нововведения – это новые качественные состояния учебно-воспитательного процесса, формирующиеся при внедрении в практику достижений педагогической и психологической наук при использовании передового педагогического опыта [2]. Основной концептуальной проблемой в исследовании образовательных инноваций является недостаточно строгая дифференциация понятий «инновация», «новшество», «нововведение», «новация», а также различий между понятиями «образовательные инновации», «педагогические инновации», «инновации в образовании». Не рассматривая эти вопросы подробно, можно согласиться с выводами ряда авторов о том, что под инновацией в образовании понимаются все изменения – количественные и качественные, педагогические и организационные, масштабные и локальные, содержательные и процедурные, которые характеризуются новизной [3–5]. Поэтому во многих публикациях под инновациями в образовании подразумевают самые разные новшества и нововведения, которые позитивно влияют на развитие, совершенствование и повышение эффективности функционирования образовательных систем, а также на развитие более широкого мультикультурного пространства образования [6–8]. Наиболее полный перечень разновидностей образовательных инноваций представлен в работе [9], где выделяются педагогические и органи-

зационно-методические новшества разной направленности и масштаба. В то же время следует согласиться с мнением, что эффективность новшества не всегда удостоверяется обоснования [1].

Из анализа указанных источников видно, что к инновациям в образовании могут относиться самые разные объекты: программы обучения и учебные модели; предметные и междисциплинарные темы; новые дисциплины, созданные на стыке уже существующих; методы, технологии, методики организации учебной работы и оценки результатов обучения; новшества в педагогической культуре и элементах образовательной среды; организационные средства и развивающие мероприятия.

Различия между понятиями «образовательная инновация», «педагогическая инновация», «инновация в образовании» также строго не определены. Просматривается лишь разница в контексте их применения [10; 11]. Термин «педагогическая инновация» чаще применяют в изучении и разработке изменений в начальной и средней школе, а «образовательная инновация» – в высшей школе. «Инновации в образовании» обычно используются, когда наряду с новациями в обучении рассматриваются изменения в организации и управлении образовательной системой.

В данной работе инновационная образовательная технология рассматривается как научно-обоснованная процедура с комплексом инструментов, методик и способов организации учебной работы студентов, которая: 1) обладает новизной; 2) улучшает качество определённой образовательной системы; 3) повышает ценность образовательного продукта для потребителей.

Существует немало работ, в которых описываются различные образовательные инновации, соответствующие указанным критериям и повышающие качество подготовки студентов. Например, продолжают развиваться интерактивные методы обучения [12], проблемно-ориентированные подходы [13] и

индивидуализация обучения [14]. Много эффективных инноваций связано с проектным обучением [15], которое развивает твёрдые и мягкие навыки у студентов всех уровней обучения. Значительное влияние на развитие образовательных инноваций в инженерной вузовской подготовке оказала концепция CDIO [16; 17]. Сквозное проектирование по методологии CDIO объединяет в себе все преимущества активных, проблемных и проектных подходов в подготовке студентов к инженерной деятельности. Распространяются методы сервисного обучения (введение общественных работ в традиционные академические и учебные задачи) [18; 19], встраивания игр в образовательный процесс [20], участия в инновационных выставках и различных конкурсах [21].

Вместе с тем в целом в инженерном образовании наблюдается явный дефицит эффективных образовательных инноваций. Ограниченные возможности для инновационного развития образовательного процесса и обеспечения соответствующей материально-технической базы по многим направлениям подготовки инженеров в известной степени обусловлены стремительной динамикой современного технологического развития и соответствующих быстрых изменений в требованиях к знаниям и компетенциям выпускников. Но существуют и более локальные причины, объясняющие недостаток инноваций в инженерном образовании, среди которых:

- 1) отсутствие стимулирующих условий для разработки, внедрения и применения инноваций в образовательном процессе (прежде всего экономических);
- 2) недостаточный уровень владения преподавателями навыками в области компьютерных и информационных технологий;
- 3) неумение использовать практические наработки профессиональной педагогики и психологии из-за недостаточной подготовленности преподавателей в этой области [2];
- 4) низкая адаптированность образовательных технологий к современным произ-

водственным процессам и особенно к перспективам развития отраслей, прежде всего в создании необходимой материально-технической базы для формирования компетенций инновационной инженерии;

5) переоценка эффективности многих новшеств, внедряемых в учебный процесс, которые необоснованно называют образовательными инновациями, что выявляется только в специальных исследованиях [22];

6) недостаток инструментов управления качеством образовательного процесса, объективно оценивающих влияние его содержания и методического обеспечения на процесс формирования реальных результатов подготовки выпускников [2; 23];

7) слабое, часто формальное, а не содержательное, взаимодействие между образовательными подразделениями вузов и предприятиями (в частности, недостаточное количество созданных базовых кафедр на производстве).

Наряду с перечисленными следует выделить ещё одну причину торможения развития инженерного образования, связанную с негативными изменениями образовательных инноваций после их внедрения в учебный процесс вуза, которая пока недостаточно изучена.

Адаптационные изменения инновационной образовательной технологии при внедрении в типовой образовательный процесс

Одна из наиболее важных проблем инновационного развития образовательных систем вузов связана не столько с разработкой педагогических инноваций, сколько с их внедрением таким образом, чтобы сохранить и реализовать весь имеющийся в них потенциал для повышения эффективности образовательной системы и результатов обучения. Данная проблема является актуальной не только для отечественного высшего образования, но и для зарубежного [24].

Рассмотрим эту проблему на примере изменений образовательной инновации «технология сквозного междисциплинарного

проектирования», или «технология учебно-производственного практикума» (технология УПП), в подготовке выпускников бакалавриата по направлению «Системный анализ и управление», которая после внедрения существенно изменила образовательную программу и кардинально повлияла на весь процесс подготовки выпускников [25; 26]. Разработка данной образовательной инновации для инженерного бакалавриата осуществлялась по заказу Высшей инженерной школы УрФУ в рамках реализации Программы развития Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина на 2010–2020 годы (Подпрограмма I. Модернизация образовательного процесса) и Программы повышения конкурентоспособности УрФУ (2013–2014 гг.) с целевым финансированием для внедрения методологии CDIO в подготовку инженеров нового поколения. Разработанная образовательная технология, представленная в виде отдельного учебного курса «Учебно-производственный практикум» (УПП) трудоёмкостью 18 зачётных единиц (з. е.), предназначалась для организации учебно-практической деятельности студентов в виде сквозного проектирования по стандартам методологии CDIO.

Подробное описание технологии УПП представлено в работах [25–27], поэтому лишь кратко остановимся на некоторых её особенностях. Она включает двухконтурную модель прохождения студентами основных этапов жизненного цикла создания технической системы. Первый контур (первый семестр обучения в УПП) представляет собой практическую деятельность студентов по созданию макетов новых изделий, в которой студенты ускоренно в сжатой форме проходят все этапы жизненного цикла: от идеи и разработки до испытаний. В этой работе у студентов формируются: понимание полного жизненного цикла изделия и его этапов; основы проектно-конструкторской деятельности; мотивация к практической работе; общее представле-

ние о процессе создания и эксплуатации технического изделия; индивидуальная и командная ответственность за результаты своей работы. Второй контур продолжительностью семь семестров (со 2-го по 8-й) – процесс создания опытных образцов новых изделий из конструкторских материалов, который реализуется в виде проектно-конструкторской и производственной деятельности, максимально приближенных к работе инжиниринговых центров и промышленных предприятий. Во втором контуре происходит углубление, детализация и развитие знаний и практических умений, общие основы которых были сформированы в первом контуре. В результате осуществляется поэтапное формирование компетенций полного жизненного цикла создания нового изделия, а также студенты приобретают практический опыт профессиональных действий в решении проектных и производственных задач.

Технология УПП успешно реализует идеологию и требования стандартов CDIO, использование которых повышает уровень практико-ориентированности обучения, создаёт среду для творческой активности студентов и преподавателей, развивает их профессиональные инженерные способности [27]. Она включает ряд материально-технических и организационных условий, которые отсутствуют в обычном учебном процессе [26]. На этапах разработки и внедрения технологии благодаря целевому финансированию эти условия обеспечивались. Но после завершения программы вначале из-за снижения, а затем и отсутствия необходимого финансирования технологию УПП пришлось адаптировать под типовые условия образовательного процесса. Для оценки изменений в содержании и результатах учебно-практической деятельности студентов было проведено два опроса экспертов в конце 2019–2020 и 2020–2021 учебного года. В нём участвовали 7 человек: четверо штатных преподавателей (один доктор наук и три кандидата технических наук) и три

Таблица 1

Влияние адаптации технологии УПП на процесс и результаты обучения

Table 1

The impact of adapting the technology of the training and production workshop on the process and learning outcomes

Действия по адаптации технологии УПП	Изменения в учебно-практической работе студентов	Изменения в результатах обучения
1. Изменение учебного плана – сокращение не только объёма УПП, но и ряда дисциплин, поддерживающих его цели	– увеличение самостоятельного поиска и подбора дополнительных материалов, необходимых для успешной работы по созданию нового изделия; – сокращение объёма учебного контента и задач в поддерживающих дисциплинах; – сокращение времени взаимодействия с преподавателем.	– снижение общепрофессиональных знаний и общетехнических навыков; – пробелы в знаниях, необходимых для решения проектных задач (методики расчётов и проектирования); – поверхностное понимание практических заданий из-за ограниченных знаний теории.
2. Сокращение состава преподавателей – совместителей из высококвалифицированных специалистов промышленных предприятий	– недостаток времени и снижение активности в обсуждении проектов, рассмотрении разных вариантов их технических решений; – оторванность учебного процесса от производственной практики; – сокращение времени обсуждения практического опыта.	– обобщённое представление о проектной работе и возможностях решения конструкторских задач; – сужение диапазона знаний и навыков для практической деятельности инженера-конструктора.
3. Удаление первого контура проектно-учебной работы – разработка технического изделия из макетных материалов	– выполнение проектных заданий без опоры на опыт разработки полного жизненного цикла нового изделия; – замена практико-ориентированных заданий на учебно-познавательные; – отсутствие заданий на макетирование; – сближение технологии УПП с обычным учебным процессом.	– низкий уровень конкретных знаний о полном жизненном цикле технического изделия; – пробелы в знаниях взаимосвязи и зависимости между этапами полного жизненного цикла создания технического изделия; – отсутствие навыков макетирования.
4. Существенное сокращение объёма задач по разработке технологической документации на опытный образец	– отсутствие: а) заданий на разработку технологического процесса изготовления деталей, сборки узлов и изделия в целом; б) опыта работы с ЕСТД; – уменьшение количества заданий на анализ технологий изготовления деталей и узлов и их сборки.	– ограниченные знания и навыки работы с ЕСТД; – отсутствие навыков по разработке технологической документации и программ для станков с ЧПУ; – пробелы в знаниях расчётов технологического процесса производства изделия.
5. Сокращение объёма работ в производственных мастерских и количества доступного оборудования	– уменьшение количества заданий по производственному этапу; – отсутствие: а) возможности для практической реализации своих конструкторских разработок; б) заданий на применение разработок в производственной практике.	– низкий уровень навыков конструкторского сопровождения производства; – ограниченные знания о технологическом оборудовании, сборочных работах и в целом о производственном процессе.
6. Удаление этапа производственной реализации разработанной технологии	– отсутствие практической работы с конструкторскими материалами; – ограниченные возможности работы с макетными материалами; – доминирование теоретических заданий над практическими; – разрыв между проектированием и реализацией в производстве.	– отсутствие: а) навыков конструкторского сопровождения производства, ремонта и эксплуатации изделия; б) знаний и опыта работы со станками; в) опыта сборки и доводки реальной конструкции изделия.

Продолжение Таблицы 1.

Действия по адаптации технологии УПП	Изменения в учебно-практической работе студентов	Изменения в результатах обучения
7. Сокращение этапов промежуточной оценки результатов работы в УПП	– сокращение обратной связи о процессе создания изделия; – отсутствие модернизации (улучшения) изделия на основе замечаний на промежуточной проверке.	– ограниченные навыки аргументации технических решений и ведения дискуссии; – неполный состав критериев оценки своей работы; – отсутствие представлений о методах улучшения изделия при внедрении его в производство.
8. Сокращение объёма аудиторных занятий в УПП и, соответственно, командной работы студентов над проектом	– сокращение: а) количества учебных заданий для командной работы; б) примеров из практики и их обсуждений с преподавателем; в) взаимодействий между студентами; – перенос лабораторных занятий на самостоятельную работу.	– фрагментарные знания о технологической и производственной деятельности инженера и неполный состав соответствующих навыков; – снижение навыков командной работы.
9. Сокращение времени консультаций с руководителями и экспертами УПП	– оторванность учебной работы от инженерной практики; – снижение уровня ответственности и качества выполнения проектов; – ограничение консультационной поддержки.	– снижение: а) общетехнических компетенций; б) навыков сотрудничества и деловых коммуникаций; в) технической (конструкторской) эрудиции.
10. Привлечение к руководству работой в УПП преподавателей с отсутствием опыта проектно-конструкторской деятельности	– выполнение не практико-ориентированных учебных заданий; – снижение качества организации проектного обучения (неправильная последовательность работ, смещение акцентов на теорию, устаревшие данные о конструкционных материалах и др.); – нарушение логики сквозного проектирования.	– обобщённое представление о взаимосвязи задач разных этапов конструкторской деятельности; – заниженные оценки сложности проектно-конструкторских работ; – поверхностное представление об ответственности и требованиях к организации работ по созданию нового изделия; – результаты обучения на уровне знаний, а не компетенций.

совместителя (два инженера-конструктора, занимающих должности руководителей конструкторских подразделений машиностроительных предприятий, и один инженер-технолог с опытом работы более 9 лет), осуществлявшие руководство учебно-практическими работами студентов на занятиях, консультациях и в их самостоятельной работе в инжиниринговом центре УрФУ. Письменной опрос проводился с помощью вопросов открытой формы. При обработке результатов учитывались только те указания и оценки изменений, которые встречались более чем у трёх экспертов. Перечень вынужденных изменений, которые были

осуществлены в процессе адаптации УПП, и их последствия представлены в результатах полученных экспертных оценок (Табл. 1).

В целом за четыре года УПП сократился с 18 до 10 з. е. Каждое изменение приводило к определённому нарушению его целостности и полноты, соответствующей методологии CDIO. Из таблицы 1 видно, что все адаптационные изменения в технологии УПП в основном связаны с сокращением учебно-практической работы и консультаций со специалистами-практиками. Это привело к уменьшению объёма аудиторных практических и лабораторных занятий, снижению консультационной поддержки и возможно-

Таблица 2

Оценка соответствия технологии УПП стандартам CDIO до и после адаптационных изменений под условия типового учебного процесса

Table 2

Assessment of the compliance of the technology of the training and production workshop with CDIO standards before and after adaptive changes to the conditions of a typical educational process

Содержание стандарта CDIO	Оценка соответствия технологии УПП стандарту	
	До адаптации	После адаптации
1. Контекстом базового высшего инженерного образования является реализация устойчивого CDIO – жизненного цикла технических объектов, процессов, систем и услуг: Замысел – Проектирование – Производство – Применение	Соответствует	Частично соответствует
2. Результаты обучения, направленные на приобретение дисциплинарных и междисциплинарных знаний, умений и опыта, личностных и межличностных компетенций, требуемых для реализации CDIO – жизненного цикла технических объектов	Частично соответствует	Частично соответствует
3. Учебный план содержит взаимно согласованные дисциплины и междисциплинарные курсы, обеспечивающие необходимое образование и интеграцию профессиональных, личностных и межличностных компетенций	Соответствует	Не соответствует
4. Вводный курс практической профессиональной деятельности по реализации CDIO – жизненного цикла технических объектов даёт начало формированию личностных качеств и навыков межличностного общения	Соответствует	Частично соответствует
5. Учебный план включает два или более проекта, направленных на приобретение опыта проектирования и внедрения результатов инженерной деятельности	Соответствует	Не соответствует
6. Образовательная среда включает лаборатории и пространства для приобретения дисциплинарных знаний, социальных и практических навыков реализации CDIO – жизненного цикла технических объектов	Соответствует	Соответствует
7. За счёт интегрированного обучения достигается одновременное приобретение дисциплинарных знаний и формирование профессиональных, личностных и межличностных компетенций	Соответствует	Частично соответствует
8. Необходимость организации обучения, основанного на активном и практическом подходе	Соответствует	Соответствует
9. Предметные компетенции преподавателей в области реализации CDIO – жизненного цикла технических объектов	Соответствует	Частично соответствует
10. Непрерывное совершенствование педагогических компетенций преподавателей в области интегрированного обучения, применения активных и деятельностных методов	Соответствует	Частично соответствует
11. Адекватно оцениваются учебные достижения студентов в части приобретения ими дисциплинарных знаний, профессиональных, личностных и межличностных компетенций	Частично соответствует	Частично соответствует
12. Реализуется система оценки программ на соответствие 12 основным стандартам и дополнительным стандартам по выбору, а также обратной связи со студентами, преподавателями и другими стейкхолдерами	Соответствует	Частично соответствует

Примечание: Сокращённые русскоязычные формулировки стандартов были взяты из [29].

сти использовать производственный опыт. В технологии сквозного проектирования появились разрывы, в результате чего наблюдалось снижение объёма работ по формированию ряда навыков и компетенций, в первую очередь связанных с разработкой технологического процесса изготовления деталей и сборки изделия, проведением испытаний и конструкторским сопровождением производства. Из-за отсутствия первого контура в адаптированной УПП существенно пострадали знания системной инженерии и полного жизненного цикла изделия.

Из таблицы 1 также видно, что в адаптированной технологии снижается уровень формирования не только твёрдых навыков, но и таких мягких, как: способность к взаимодействию и командной работе; способность к саморазвитию; активность в стремлении к достижениям.

Общая характеристика адаптационных изменений технологии УПП хорошо видна из оценки её соответствия стандартам CDIO (особенности построения ОП на их основе подробно описаны в статьях [28; 29]), которую провели преподаватели и инженеры-практики, участвовавшие в организации и проведении УПП, с помощью методики экспертной оценки по трёхуровневой шкале: 1) соответствует; 2) частично соответствует; 3) не соответствует (Табл. 2). Экспертные оценки соответствия технологии УПП стандартам CDIO проводились в 2015 г. после получения первого опыта её применения в инновационном образовательном процессе и в 2020 г. после его внедрения в типовой процесс обучения. В оценке УПП 2015 г. участвовали 12 экспертов – преподаватели УрФУ и других вузов, использующих в своей работе методологию CDIO – в ходе круглого стола, посвящённого технологии обучения проектно-конструкторской деятельности на основе методологии CDIO, в рамках XII международной научно-методической конференции «Новые образовательные технологии в вузе – 2015» (Екатеринбург, УрФУ, апрель 2015 г.). В оценке адаптированной

технологии УПП в 2020 г. участвовали 7 экспертов – преподаватели и инженеры-практики, представленные выше, которые осуществляли её внедрение в типовой процесс обучения. Шесть из них были участниками экспертной оценки 2015 г. В обоих случаях использовался метод экспертной комиссии – групповой экспертной оценки в форме проведения общей дискуссии с целью выработки единого или преобладающего мнения по каждому из 12 стандартов CDIO.

Как видно из таблицы 2, по критериям стандартов CDIO технология УПП заметно изменилась с «полного соответствия» на «частичное соответствие» по шести стандартам (1, 4, 7, 9, 10 и 12) и кардинальным образом изменилась с «полного соответствия» на «несоответствие» по двум стандартам (3 и 5). Негативные последствия изменений с «полного соответствия» на «частичное соответствие» стандартам CDIO хорошо видны по характеристикам учебно-практической работы студентов и их результатам в пунктах 4–10 таблицы 1. Такие же последствия изменений с «полного соответствия» на «несоответствие» стандартам CDIO явно выражены в пунктах 1–3 таблицы 1. По мнению авторов, кардинальные изменения по критериям стандарта 3 привели к снижению уровня трудности учебных заданий и необходимости более активной самостоятельной работы студентов, чтобы найти нужную информацию для выполнения заданий по вопросам, относящимся к дисциплинам, которые не изучались по учебному плану. Повышение необходимости в более активной самостоятельной работе студентов не привело к росту их учебных результатов по сравнению с организованным изучением этих вопросов. Снижение уровня трудности заданий и недостаточного роста эффективности самостоятельной работы привели к заметному снижению результатов обучения студентов в адаптированном УПП. А изменения технологии УПП по стандарту 5 не позволили сформировать у студентов целостное

Таблица 3

Оценки изменений результатов обучения в УПП до и после её адаптации в опросах студентов и экспертов

Table 3

Evaluation of changes in learning outcomes in the training and production workshop before and after its adaptation in surveys of students and experts

Формируемые в УПП твёрдые и мягкие навыки	Оценки изменений студентов	Экспертные оценки изменений
1. Проектно-конструкторские	+ 0,14	– 16,25 %
2. Научно-исследовательские	+ 1,18	– 1,5 %
3. Производственно-технологические	+ 1,40	– 39,5 %
4. Информационные	+ 4,14	– 5,75 %
5. Нормативно-технические	– 40,97	– 27,75 %
6. Организационно-управленческие	+ 32,77	– 4,5 %
7. Общепрофессиональные	– 32,39	– 21,75 %
8. Способность адаптироваться	+ 1,73	– 11,5 %
9. Способность к сотрудничеству и командной работе	+ 31,09	– 29,25 %
10. Гибкость и креативность мышления	+ 12,43	– 8,25 %
11. Способность к саморазвитию	+ 10,03	– 17,75 %
12. Активность в стремлении к достижениям	– 17,74	– 12,0 %

представление о жизненном цикле создания нового технического изделия, которое определяет осознанное отношение ко всем этапам проектирования и повышает самостоятельность в поиске лучших решений.

Результаты применения технологии УПП до и после адаптации под условия типового вузовского обучения

Для количественной оценки влияния изменений технологии УПП на результаты обучения были использованы данные опроса студентов 4-го курса инженерного бакалавриата по направлению подготовки «Системный анализ и управление» набора 2016 и 2017 гг., начинавших обучение до её адаптации, а с пятого семестра (одна группа из 19 человек) и с третьего семестра (другая группа из 23 человек) ставших свидетелями изменений технологии УПП, благодаря которым они за четыре года выполнили задачи

сквозного проектирования нового изделия в объёме не 18 зачётных единиц, а только 12 и 10 соответственно, потому что каждый последующий семестр их обучения объём практикума сокращался. Опрос студентов проводился по методике, в которой они должны были оценить влияние учебно-практической работы в УПП на формирование укрупнённых твёрдых (профессиональных) и мягких навыков (универсальных компетенций). Для этого использовался опросник с вопросами закрытой формы, вариантами ответов на которые были разные признаки укрупнённых навыков. При этом выбор количества вариантов ответов был ограничен. Этот же опросник использовался для проведения экспертной оценки влияния технологии УПП на формирование тех же навыков до и после её адаптации, в которой участвовали указанные выше преподаватели и опытные инженеры-практики. Изменение влия-

ния технологии УПП на формирование основных результатов обучения определялось по разнице между средними оценками до её адаптации (конец 2-го семестра – 2017 г. одна группа и 2018 г. другая группа) и после адаптации (начало 8-го семестра – 2020 и 2021 гг. соответственно). Результаты опроса студентов 4-го курсов разных годов обучения не имели существенных (статистически значимых) различий, поэтому они были объединены в одну выборку из 42 человек (25 мужчин и 17 женщин). Показатели этих оценок студентов и экспертов представлены в *таблице 3*.

Как показали беседы с участниками исследования, ответы студентов основывались преимущественно на самоанализе и самооценке ощущаемых результатов обучения, а ответы экспертов (преподавателей и инженеров-практиков) – в основном на анализе объективных изменений содержания и условий учебной работы, которые обеспечивают результаты обучения. Поэтому на оценки студентов влияли аккумулированные результаты учебной работы, включая полученные до адаптации технологии УПП, а на оценки экспертов только существующие условия обучения.

Из таблицы 3 видно, что оценки влияния технологии УПП на результаты обучения у студентов изменились непропорционально изменениям технологии УПП в процессе её адаптации под условия типового процесса обучения. Несмотря на существенное сокращение объёма программы УПП ожидания результатов обучения по первым четырём твёрдым навыкам не уменьшились, а даже немного увеличились. По оценкам же экспертов в адаптированной технологии УПП все эти навыки должны были снизиться, особенно сильно – проектно-конструкторские и производственно-технологические.

По данным опросов студентов, влияние последних этапов работы в УПП на результаты освоения нормативно-технических навыков уменьшились на значительную величину

(–40,97%), но это объясняется не уменьшением объёма учебно-практических занятий и технологией их проведения, а тем, что эти навыки представляют собой знание и умение использовать стандарты, которые были освоены в первых трёх семестрах, поэтому их дальнейшее развитие не требуется. Этим же объясняется и уменьшение влияния последних этапов УПП на развитие общепрофессиональных компетенций, потому что на их формирование влияла работа в основном в первых семестрах, а значительно сокращённые этапы сквозного проектирования, начиная с четвёртого семестра, были связаны с конкретными профессиональными навыками.

Несколько неожиданным оказалось существенное увеличение оценки студентами влияния работы в УПП на формирование организационно-управленческих навыков (32,77%), что, скорее всего, является непредвиденным следствием адаптационных изменений технологии УПП, в результате чего студентам приходилось самостоятельно организовывать процесс командной работы, решать материально-технические вопросы, планировать и координировать индивидуальную работу и интегрировать её результаты в командный продукт, а также осуществлять взаимодействие между разными проектными командами студентов. В целом им пришлось значительно больше заниматься организацией своей учебно-практической работы в решении задач сквозного проектирования по критериям, которые у них были сформированы в первых семестрах работы до адаптации УПП. При отсутствии этого опыта, как показали оценки экспертов, результаты формирования организационно-управленческих навыков, напротив, не возрастают, а снижаются (Табл. 3).

Оценка влияния адаптированной технологии УПП на развитие мягких навыков коррелирует с результатами её влияния на формирование твёрдых навыков. Существенное сокращение объёма программы УПП на четырёх последних этапах

сквозного проектирования не привело к пропорциональному снижению ожиданий в формировании мягких навыков. Самостоятельные усилия студентов по организации командной и индивидуальной работы и накопленный опыт её проведения без участия преподавателей привели к росту ожиданий в отношении мягких навыков «способность к сотрудничеству и командной работе» (на 31,09%) и «способность к саморазвитию» (на 10,03%). Существенный рост оценки способности к сотрудничеству и командной работе на статистически значимом уровне ($p = 0,01$) объясняется не снижением условий для командной работы на аудиторных занятиях, а интересом студентов к такой работе, который был сформирован в первых семестрах, когда УПП, проводился по полной программе. При отсутствии такого опыта учебно-практической работы в адаптированной технологии УПП, результаты формирования этих мягких навыков, по оценкам экспертов, напротив, снижаются на 29,25% и 17,75% соответственно (Табл. 3).

Подобным образом объясняется рост оценки ещё двух мягких навыков. Вынужденное повышение усилий студентов в самоорганизации своей учебно-практической работы и решении индивидуальных и коллективных задач сквозного проектирования привело к небольшому росту оценки влияния на мягкие навыки «способность адаптироваться» (на 1,73%) и «гибкость и креативность мышления» (на 12,43%). Даже с учётом того, что увеличение этих показателей оказалось на статистически не значимом уровне ($p = 0,05$), можно говорить об их устойчивости к адаптационным изменениям программы УПП. Они сохранились на достаточно высоком уровне несмотря на значительное ухудшение условий для выполнения задач сквозного проектирования, которые, по оценкам экспертов, должны были снизить эти показатели на 11,5 и 8,25% соответственно (Табл. 3).

Наиболее сильные изменения в сторону снижения произошли у студентов в оценке мягкого навыка «активность и стремление

к достижениям» (–17,74%), которые можно объяснить не адаптационными изменениями технологии УПП, а повышением реалистичности оценки студентами уровня результатов своей работы. К моменту проведения опроса основные результаты учебно-проектной работы в УПП уже были фактически получены, только оставалось довести и оформить их под требования итоговой защиты. Их уровень новизны и качества был хорошо понятен авторам – студентам 4-го курса, и он не вполне совпадал с юношеским прогнозом тех же студентов на 1-м курсе. По оценкам экспертов, этот показатель также снижается, но несколько меньше (–12,0%).

Обобщающий анализ полученных данных приводит к выводу о том, что ограничения и трудности в учебно-проектной работе студентов, связанные с адаптационными изменениями технологии УПП под типовой процесс обучения, вызвали *адекватное компенсационное поведение студентов*. Однако его можно объяснить лишь тем, что эти студенты прошли обучение в первые два семестра по полной программе УПП до его адаптации. Благодаря этому у них сформировалось представление о полном жизненном цикле нового технического изделия, об основных требованиях к выполнению задач проектной деятельности и навыки применения методов решения проектных задач, обеспечивающих высокую эффективность, которые на протяжении всей работы в УПП формировались и контролировались одними и теми же преподавателями. Эти факторы составляют *адаптационный ресурс* технологии УПП, который обеспечивает частичное сохранение её основных достоинств, выражающихся в формировании: 1) основных проектно-конструкторских компетенций и понимания взаимосвязи разных этапов жизненного цикла создания нового изделия; 2) навыков самостоятельной (индивидуальной и коллективной) учебной работы, соответствующих критериям и требованиям проектной деятельности; 3) форм профессиональ-

но ориентированного поведения, сохраняющихся в дальнейшей учебно-практической работе даже при ограниченных условиях их поддержки.

Заключение

Эффективность инновационного развития образовательного процесса в вузах зависит не только от новых идей, методических и технологических разработок, но также от того, каким образом поддерживаются эти образовательные инновации после их внедрения в учебный процесс вуза.

Процесс адаптационных изменений инновационной образовательной технологии УПП при переходе в условия типового вузовского процесса обучения существенно снижает практико-ориентированность подготовки студентов, её соответствие критериям стандартов CDIO и результаты обучения в виде базовых навыков современного инженера. В целом происходит заметная деградация образовательной технологии.

В исследовании подтверждена ключевая роль двухконтурной модели учебного проектирования по стандартам CDIO. Опыт прохождения полного жизненного цикла в сжатом виде обеспечивает более высокую эффективность учебно-практической деятельности студентов на всех последующих этапах сквозного проектирования, направленного на формирование профессиональных и универсальных инженерных компетенций, необходимых для создания нового технического изделия, системы.

Инновационная образовательная технология, показавшая высокую эффективность практического применения в течение четырёх лет, обладает адаптационным ресурсом, который при снижении организационных и материальных условий позволяет сохранить её относительную целостность и ряд базовых достоинств. Основой адаптационного ресурса являются преподаватели, участвовавшие в разработке новой образовательной технологии, её применении в работе со студентами в специально оснащён-

ных условиях обучения, а также в типовом учебном процессе.

Новые образовательные технологии, доказавшие свою эффективность, нуждаются в материальном обеспечении как на этапе разработки, так и при их использовании в типовом процессе обучения. После внедрения таких образовательных новаций важно сохранять методические принципы, кадровое обеспечение и основные требования к материально-техническим условиям учебного процесса, благодаря которым новая технология обеспечивает высокую эффективность обучения.

Результаты исследования позволяют сформулировать гипотезу о том, что одной из причин низкой эффективности образовательных инноваций в учебном процессе вузов является унификация появляющихся новых технологий обучения, которая естественным образом происходит в типовых условиях учебного процесса вуза.

Список литературы

1. Кочетков М.В. Инновации в образовании. «Как отделить зёрна от плевел?» // Высшее образование в России. 2020. Т. 29. № 11. С. 153–166. DOI: 10.31992/0869-3617-2020-29-11-153-166
2. Коробцов А.С. Качество инженерного образования: лозунги и реальность // Инженерное образование. 2020. № 27. С. 27–36. EDN RYDZZE.
3. Шишакина Н.В. Инновации в образовании: сущность, функции, свойства и виды // Сибирский педагогический журнал. 2013. № 4. С. 45–49.
4. Yordanova Z., Stoimenova B. Smart educational innovation leads to university competitiveness // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2021. Vol. 1168. P. 185–195.
5. Ramírez-Montoya D.M.-S., Lugo-Ocando J. Systematic review of mixed methods in the framework of educational innovation // Comunicar. 2020. Vol. 28. No. 65. P. 9–20. URL: https://www.academia.edu/78338507/Systematic_review_of_mixed_methods_in_the_framework_of_educational_innovation (дата обращения: 03.10.2022).
6. Кочетков М.В. Инновации и псевдоинновации в высшей школе // Высшее образование в

- России. 2014. № 3. С. 41–47. URL: https://vovr.elpub.ru/jour/article/view/596?locale=ru_RU (дата обращения: 03.10.2022).
7. *Nguyen H.D., Mai L.T., Anh Do D.* Innovations in creative education for tertiary sector in Australia: present and future challenges // *Educational Philosophy and Theory*. 2020. Vol. 52. No. 11. P. 1149–1161. DOI: 10.1080/00131857.2020.1752190
 8. *Morales-Avalos J.R., Heredia-Escorza Y.* The academia–industry relationship: igniting innovation in engineering schools // *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*. 2019. Vol. 13. No. 4. P. 1297–1312. URL: <https://www.springerprofessional.de/en/the-academia-industry-relationship-igniting-innovation-in-engine/16778482> (дата обращения: 03.10.2022).
 9. Зеф Э.Ф., Новоселов С.А., Давыдова Н.Н. Институциональное обеспечение образовательных инноваций // *Образование и наука*. 2011. № 9 (88). С. 3–20.
 10. *Lemaître D.* Training engineers for innovation: Pedagogical initiatives for new challenges // *European Journal of Education*. 2019. Vol. 54. No. 4. P. 566–576. DOI: 10.1111/ejed.12365
 11. *Arruabarrena R., Sánchez A., Blanco J.M., Vellido J.A., Usandizaga I.* Integration of good practices of active methodologies with the reuse of student-generated content // *International Journal of Educational Technology in Higher Education*. 2019. Vol. 16. No. 1. Article no. 10. DOI: 10.1186/s41239-019-0140-7
 12. *Lavi R., Tal M., Dori Y.J.* Perceptions of STEM alumni and students on developing 21st century skills through methods of teaching and learning // *Studies in Educational Evaluation*. 2021. Vol. 70. Article no. 101002. DOI: 10.1016/j.stueduc.2021.101002
 13. *Varava I.P., Bobinska A.P., Vakaliuk T.A., Mintii I.S.* Soft Skills in Software Engineering Technicians Education // *Journal of Physics: Conference Series*. 2021. Vol. 1946. Article no. 012012. DOI: 10.1088/1742-6596/1946/1/012012
 14. Дубров А.В., Кочетков М.В., Стекольников В.Ю. Работодатель как актор студентоцентрированного образования: опыт реализации // *Высшее образование в России*. 2020. Т. 29. № 11. С. 141–152. DOI: 10.31992/0869-3617-2020-29-11-141-152
 15. *Patil M.S., Kamerikar U.A.* Learning by doing through project based active learning technique // *Journal of Engineering Education Transformations*. 2020. Vol. 33. P. 125–129. DOI: 10.16920/jeet/2020/v33i0/150080
 16. *Tyflopoulos E., Haskins C., Steinert M.* Topology-optimization-based learning: A powerful teaching and learning framework under the prism of the cdio approach // *Education Sciences*. 2021. Vol. 11. No. 7. Article no. 348. DOI: 10.3390/educsci11070348
 17. *Julius Fusic S., Anandh N., Subbiah A.N., Bhaven Kumar Jain D.* Implementation of the CDIO Framework in Engineering Courses to Improve Student-Centered Learning // *Journal of Engineering Education Transformations*. 2022. Vol. 35. P. 19–26. DOI: 10.16920/jeet/2022/v35i1/22003
 18. *Santos Rego M.A., Mella Núñez Í., Naval C., Vázquez Verdura V.* The Evaluation of Social and Professional Life Competences of University Students Through Service-Learning // *Frontiers in Education*. 2021. Vol. 6. Article no. 606304. DOI: 10.3389/educ.2021.606304
 19. *Mtawa N., Fongwa S., Wilson-Strydom M.* Enhancing graduate employability attributes and capabilities formation: a service-learning approach // *Teaching in Higher Education*. 2021. Vol. 26. No. 5. P. 679–695. DOI: 10.1080/13562517.2019.1672150
 20. *Sutil-Martín D.L., Javier Otamendi F.* Soft skills training program based on serious games // *Sustainability (Switzerland)*. 2021. Vol. 13. No. 15. Article no. 8582. DOI: 10.3390/su13158582
 21. *Pardo-Garcia C., Barac M.* Promoting employability in higher education: A case study on boosting entrepreneurship skills // *Sustainability (Switzerland)*. 2020. Vol. 12. No. 10. Article no. 4004. DOI: 10.3390/su12104004
 22. *Boevé A.J., Meijer R.R., Beldhuis H.J.A., Bosker R.J., Albers C.J.* On Natural Variation in Grades in Higher Education, and Its Implications for Assessing Effectiveness of Educational Innovations // *Educational Measurement: Issues and Practice*. 2019. Vol. 38. No. 4. P. 55–66. DOI: 10.1111/emip.12283
 23. *Исаев А.П., Валуева Л.В., Мартынова Е.В., Плотников А.В.* Инструмент оценки и повышения эффективности текущего учебного процесса в вузе // *Вестник высшей школы. Alma mater*. 2016. № 2. С. 77–83. EDN VLJXIR.
 24. *Schophuizen M., Kalz M.* Educational innovation projects in Dutch higher education: bottom-up contextual coping to deal with organizational challenges

- // International Journal of Educational Technology in Higher Education. 2020. Vol. 17. No. 1. Article no. 36. DOI: 10.1186/s41239-020-00197-z
25. Исаев А.П., Плотников Л.В. «Учебный инжиниринг» в реализации идеологии CDIO // Высшее образование в России. 2016. № 12 (207). С. 45–52. URL: <https://vovr.elpub.ru/jour/article/view/901> (дата обращения: 03.10.2022).
 26. Исаев А.П., Плотников Л.В., Фомин Н.И. Технология сквозного проектирования в подготовке инженерных кадров // Высшее образование в России. 2017. № 5 (212). С. 59–67. URL: <https://vovr.elpub.ru/jour/article/view/1049/0> (дата обращения: 03.10.2022).
 27. Isaev A.P., Plotnikov L.V. Technology for Training Creative Graduates in Engineering Bachelor's Programs // Higher Education in Russia. 2019. Vol. 28. No. 7. P. 85–93. DOI: 10.31992/0869-3617-2019-28-7-85-93
 28. Tran T.B., Phan T.H. Development of CDIO-Based Programs from the Teacher Training Perspective // International Journal of Learning, Teaching and Educational Research. 2022. Vol. 21. No. 5. P. 204–219. DOI: 10.26803/ijlter.21.5.11
 29. Чучалин А.И. Адаптация the Core CDIO Standards 3.0 к высшему STEM-образованию // Высшее образование в России. 2021. Т. 30. № 2. С. 9–21. DOI: 10.31992/0869-3617-2021-30-2-9-21
- Статья поступила в редакцию 18.10.2022
Принята к публикации 24.01.2023

References

1. Kochetkov, M.V. (2020). Innovative in Education, or How to Separate the Wheat from the Chaff? *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 29, no. 11, pp. 153–166, doi: 10.31992/0869-3617-2020-29-11-153-166 (In Russ., abstract in Eng.).
2. Korobtsov, A.S. (2020). Quality of Engineering Education: Slogans and Reality. *Inzhenernoe obrazovanie = Engineering Education*. Vol. 27, pp. 27–36. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44676880> (accessed 03.10.2022). (In Russ., abstract in Eng.).
3. Shisharina, N.V. (2013). Innovations in Education: Essence, Functions, Properties and Types. *Sibirskij pedagogicheskij zhurnal = Siberian Pedagogical Journal*. Vol. 4, pp. 45–49. (In Russ., abstract in Eng.).
4. Yordanova, Z., Stoimenova, B. (2021). Smart Educational Innovation Leads to University Competitiveness. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Vol. 1168, pp. 185–195.
5. Ramírez-Montoya, D.M.-S., Lugo-Ocando, J. (2020). Systematic Review of Mixed Methods in the Framework of Educational Innovation. *Comunicar*. Vol. 28, no. 65, pp. 9–20. URL: https://www.academia.edu/78338507/Systematic_review_of_mixed_methods_in_the_framework_of_educational_innovation (accessed 03.10.2022).
6. Kochetkov, M.V. (2014). Innovations and Pseudo-innovations in Higher Education. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 3, pp. 41–47. Available at: https://vovr.elpub.ru/jour/article/view/596?locale=ru_RU (accessed 03.10.2022). (In Russ., abstract in Eng.).
7. Nguyen, H.D., Mai, L.T., Anh Do, D. (2020). Innovations in Creative Education for Tertiary Sector in Australia: Present and Future Challenges. *Educational Philosophy and Theory*. Vol. 52, no. 11, pp. 1149–1161, doi: 10.1080/00131857.2020.1752190
8. Morales-Avalos, J.R., Heredia-Escorza, Y. (2019). The Academia–industry Relationship: Igniting Innovation in Engineering Schools. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*. Vol. 13, no. 4, pp. 1297–1312. URL: <https://www.springerprofessional.de/en/the-academia-industry-relationship-igniting-innovation-in-engine/16778482> (accessed 03.10.2022).
9. Zeer, E.F., Novoselov, S.A., Davydova, N.N. (2011). Institutional Support of Educational Innovations. *Obrazovanie i nauka = Education and Science*. Vol. 88, no. 9, pp. 3–20. (In Russ., abstract in Eng.).

10. Lemaotre, D. (2019). Training Engineers for Innovation: Pedagogical Initiatives for New Challenges. *European Journal of Education*. Vol. 54, no. 4, pp. 566-576, doi: 10.1111/ejed.12365
11. Arruabarrena, R., Sánchez, A., Blanco, J.M., Vadillo, J.A., Usandizaga, I. (2019). Integration of Good Practices of Active Methodologies with the Reuse of Student-generated Content. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*. Vol. 16, no. 1, article no. 10, doi: 10.1186/s41239-019-0140-7
12. Lavi, R., Tal, M., Dori, Y.J. (2021). Perceptions of STEM Alumni and Students on Developing 21st Century Skills Through Methods of Teaching and Learning. *Studies in Educational Evaluation*. Vol. 70, article no. 101002, doi: 10.1016/j.stueduc.2021.101002
13. Varava, I.P., Bohinska, A.P., Vakaliuk, T.A., Mintii, I.S. (2021). Soft Skills in Software Engineering Technicians Education. *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 1946, article no. 012012, doi: 10.1088/1742-6596/1946/1/012012
14. Dubrov, D.V., Kochetkov, M.V., Steklyannikov, V.Yu. (2020). Employer as an Actor of Student-centered Education: Implementation Experience. *Vysshee Obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 29, no. 11, pp. 141-152, doi: 10.31992/0869-3617-2020-29-11-141-152
15. Patil, M.S., Kamerikar, U.A. (2020). Learning by Doing Through Project Based Active Learning Technique. *Journal of Engineering Education Transformations*. Vol. 33, pp. 125-129, doi: 10.16920/jeet/2020/v33i0/150080
16. Tyflopoulos, E., Haskins, C., Steinert, M. (2021). Topology-optimization-based Learning: A Powerful Teaching and Learning Framework under the Prism of the CDIO approach. *Education Sciences*. Vol. 11, no. 7, article no. 348, doi: 10.3390/educsci11070348
17. Julius Fusic, S., Anandh, N., Subbiah, A.N., Bhaven Kumar Jain, D. (2020). Implementation of the CDIO Framework in Engineering Courses to Improve Student-Centered Learning. *Journal of Engineering Education Transformations*. Vol. 35, pp. 19-26, doi: 10.16920/jeet/2022/v35i1/22003
18. Santos Rego, M.A., Mella Núñez, Í., Naval, C., Vázquez Verdera, V. (2021). The Evaluation of Social and Professional Life Competences of University Students Through Service-Learning. *Frontiers in Education*. Vol. 6, article no. 606304, doi: 10.3389/feduc.2021.606304
19. Mtawa, N., Fongwa, S., Wilson-Strydom, M. (2021). Enhancing Graduate Employability Attributes and Capabilities Formation: a Service-learning Approach. *Teaching in Higher Education*. Vol. 26, no. 5, pp. 679-695, doi: 10.1080/13562517.2019.1672150
20. Sutil-Martín, D.L., Javier Otamendi, F. (2021). Soft Skills Training Program Based on Serious Games. *Sustainability (Switzerland)*. Vol. 13, no. 15, article no. 8582, doi: 10.3390/su13158582
21. Pardo-Garcia, C., Barac, M. (2020). Promoting Employability in Higher Education: A Case Study on Boosting Entrepreneurship Skills. *Sustainability (Switzerland)*. Vol. 12, no. 10, article no. 4004, doi: 10.3390/su12104004
22. Boevé, A.J., Meijer, R.R., Beldhuis, H.J.A., Bosker, R.J., Albers, C.J. (2019). On Natural Variation in Grades in Higher Education, and Its Implications for Assessing Effectiveness of Educational Innovations. *Educational Measurement: Issues and Practice*. Vol. 38, no. 4, pp. 55-66, doi: 10.1111/emip.12283
23. Isaev, A.P., Valueva, L.V., Martynova, E.V., Plotnikov, L.V. (2016). A Tool for Evaluating and Improving the Effectiveness of the Current Educational Process at the University. *Vestnik vysshej shkoly. Alma mater. = Bulletin of the Higher School. Alma mater*. Vol. 2, pp. 77-83. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25470959> (accessed 03.10.2022). (In Russ., abstract in Eng.).

24. Schophuizen, M., Kalz, M. (2020). Educational Innovation Projects in Dutch Higher Education: Bottom-up Contextual Coping to Deal with Organizational Challenges. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*. Vol. 17, no. 1, article no. 36, doi: 10.1186/s41239-020-00197-z
25. Isaev, A.P., Plotnikov, L.V. (2016). "Educational Engineering" in the Context of the Implementation of the CDIO Ideology. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. No. 12 (207), pp. 45-52. URL: <https://vovr.elpub.ru/jour/article/view/901> (accessed 03.10.2022). (In Russ., abstract in Eng.).
26. Isaev, A.P., Plotnikov, L.V., Fomin, N.I. (2017). Technology of Open-Ended Engineering in Training of Engineers. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. No. 5 (212), pp. 59-67. Available at: <https://vovr.elpub.ru/jour/article/view/1049/0> (accessed 03.10.2022). (In Russ., abstract in Eng.).
27. Isaev, A.P., Plotnikov, L.V. (2019). Technology for Training Creative Graduates in Engineering Bachelor's Programs. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 28, no. 7, pp. 85-93, doi: 10.31992/0869-3617-2019-28-7-85-93
28. Tran, T.B., Phan, T.H. (2022). Development of CDIO-Based Programs from the Teacher Training Perspective. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*. Vol. 21, no. 5, pp. 204-219, doi: 10.26803/ijlter.21.5.11
29. Chuchalin, A.I. (2021). Adaptation of the Core CDIO Standards 3.0 to STEM Higher Education. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 30, no. 2, pp. 9-21, doi: 10.31992/0869-3617-2021-30-2-9-21 (In Russ., abstract in Eng.).

*The paper was submitted 18.10.2022
Accepted for publication 24.01.2023*



Science Index РИНЦ-2021

ВОПРОСЫ ОБРАЗОВАНИЯ	9,045
ОБРАЗОВАНИЕ И НАУКА	7,061
СОЦИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	4,313
УНИВЕРСИТЕТСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ: ПРАКТИКА И АНАЛИЗ	2,547
ИНТЕГРАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ	2,434
ПСИХОЛОГИЧЕСКАЯ НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ	2,295
ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ В РОССИИ	2,002
ВОПРОСЫ ФИЛОСОФИИ	1,753
ЭПИСТЕМОЛОГИЯ И ФИЛОСОФИЯ НАУКИ	1,294
ПЕДАГОГИКА	0,775
ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ СЕГОДНЯ	0,543
АЛМА МАТЕР	0,116