И. С. ВОЛЕГЖАНИНА

Становление и развитие профессиональной компетентности будущего инженера в условиях научно-образовательного комплекса

Четвертая промышленная революция, реализация крупнейшими отечественными работодателями научно-технических проектов в рамках национальной программы «Цифровая экономика» обуславливают востребованность выпускников инженерного профиля, способных генерировать на научной основе инновационные бизнес-идеи для решения сложных производственных задач, осознавая социальную ответственность за последствия принимаемых решений. Подготовка будущих инженеров новой формации является приоритетной целью для современных технических вузов, связанных с конкретными отраслями производства через образовательную и научно-исследовательскую деятельность. В этой связи выдвинуто предположение о том, что использование интегративного потенциала специализированного (отраслевого) научно-образовательного комплекса создает условия, способствующие более результативному становлению и развитию профессиональной компетентности будущих инженеров на уровне вуза.

Основными методами исследования являются анализ отечественной и зарубежной психолого-педагогической литературы, авторская базовая диагностика профессиональной компетентности будущего инженера, тестирование на выживаемость знаний, методы математической статистики (t-критерий Стьюдента, критерий χ^2). В экспериментальном обучении приняли участие студенты младших и старших курсов инженерных факультетов четырех транспортных вузов Российской Федерации (252 человека). Испытуемые экспериментальных групп занимались в условиях отраслевого научно-образовательного комплекса, которые реализовывались соответственно этапам становления и развития профессиональной компетентности будущих инженеров с применением средств специально разработанного педагогического инструментария.

Выявлено, что результативность исследуемых процессов повышается с использованием интегративного потенциала отраслевого научно-образовательного комплекса. В экспериментальных группах по сравнению с контрольными установлено больше испытуемых со средним и высоким уровнями проявления профессиональной компетентности после проведения экспериментального обучения ($\chi^2 = 5,32 > \chi^2_{0,05}$). Анализ данных выживаемости знаний за 12 месяцев после завершения экспериментального обучения показал меньшие и менее интенсивные потери усвоенной содержательной учебной информации у испытуемых экспериментальных групп.

Ключевые слова: профессиональная компетентность будущего инженера, становление, развитие, научно-образовательный комплекс, отраслевой, стратегические условия, результативность

Ссылка для цитирования:

Волегжанина И. С. Становление и развитие профессиональной компетентности будущего инженера в условиях научно-образовательного комплекса // Перспективы науки и образования. 2020. № 2 (44). С. 83-97. doi: 10.32744/pse.2020.2.7

I. S. VOLEGZHANINA

Formation and development of professional competence of a future engineer in a scientific-educational complex

The fourth industrial revolution, the implementation by major domestic employers of scientific-technical projects within the framework of the national program "Digital Economy" determine the demand for engineering graduates who can generate innovative business ideas on a scientific basis for solving complex production tasks, recognizing the social responsibility for the consequences of decisions made. Training of future engineers of the new formation is a priority goal for modern technical universities associated with specific industries through educational and research activities. In this regard, it has been suggested that the use of the integrative capacity of a specialized (sectoral) scientific-educational complex creates conditions conducive to a more effective formation and development of professional competence of future engineers at the university level.

The main research methods are the analysis of domestic and foreign psychological-pedagogical literature, the author's basic diagnosis of professional competence of a future engineer, testing of knowledge survival, methods of mathematical statistics (Student's t-test, criterion χ^2). The experimental training was attended by junior and senior students of engineering faculties of four transport universities of the Russian Federation (252 people). The examinees of the experimental groups studied in the conditions of a sector-specific scientific-educational complex, which were implemented according to the stages of formation and development of future engineers' professional competence, using the means of specially developed pedagogical tools.

It was revealed that the effectiveness of the studied processes is increased when using the integrative capacity of a sector-specific scientific-educational complex. In the experimental groups, compared with the control groups, more examinees were found with medium and high levels of manifestation of professional competence after conducting experimental training ($\chi^2 = 5.32 > \chi^2_{0.05}$). The analysis of knowledge survival data for 12 months after the completion of experimental training showed smaller and less intense losses of the acquired useful training information in the examinees of the experimental groups.

Key words: professional competence of a future engineer, formation, development, scientific-educational complex, sector-specific, strategic conditions, effectiveness

For Reference:

Volegzhanina, I. S. (2020). Formation and development of professional competence of a future engineer in a scientific-educational complex. *Perspektivy nauki i obrazovaniya – Perspectives of Science and Education*, 44 (2), 83-97. doi: 10.32744/pse.2020.2.7

С становление и развитие профессиональной компетентности будущего инженера (ПКБИ) в связи с изменением профессионально-личностных качеств обучающегося приобретает все большую актуальность в отечественной педагогической науке, что имеет ряд предпосылок – социально-исторических, политических и экономических, производственно-технологических, теоретико-методологических и др. Наиболее значимой социально-исторической предпосылкой является четвертая промышленная революция, которая, по мнению К. Шваба, приведет к фундаментальному преобразованию всех сфер человеческой деятельности благодаря совокупности технологий, позволяющих согласованное взаимодействие физических объектов и их виртуальных аналогов [1]. Утверждение исследователя о том, что четвертая промышленная революция основана на цифровой революции позволяет рассматривать важной политической и экономической предпосылкой реализацию национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» (утверждена распоряжением Правительства РФ № 1632-р от 28.07.2017), которая положила начало масштабным проектам крупнейших отечественных работодателей – научно-техническому проекту «Цифровая железная дорога», ведомственному проекту «Цифровая энергетика», проекту цифровизации городского хозяйства «Умный город» и др.

Ссылаясь на результаты исследования G. Dante и соавторов, проводивших компьютерный анализ научных статей по тематике, связанной с профессиональной компетентностью инженера [2], полагаем существенной производственно-технологической предпосылкой переход в отраслевых корпорациях от управления производством к управлению знаниями, что меняет характер профессиональной деятельности инженера. Данный факт объясняет растущую востребованность выпускников инженерного профиля, способных генерировать на научной основе инновационные бизнес-идеи для решения комплексных производственных задач в конкретных отраслях экономики, осознавая ответственность за социальные, экологические, технологические и другие последствия принимаемых решений.

Прежде чем приступить к рассмотрению теоретико-методологических предпосылок исследования, отметим, что подготовка будущих инженеров новой формации установлена государством, обществом и работодателями приоритетной целью для современных технических вузов, тесно связанных с конкретной отраслью производства через образовательную и научно-исследовательскую деятельность и, таким образом, вовлеченных в жизненный цикл знаний данной отрасли. Это подтверждает правомерность ранее высказанной идеи о том, что «системное использование технологии управления знаниями в отраслевой корпорации требует участия специализированных вузов как ключевого элемента отраслевых научно-образовательных комплексов, одновременно выполняющих функции центров подготовки кадров для отрасли и средоточия достижений отраслевой науки. В сохранении системного эффекта от связи отрасли, науки и образования видятся причины и условия существования отраслевых вузов. Такие научно-образовательные комплексы создают плодотворную междисциплинарную среду для решения первоочередных задач профессиональной подготовки кадров ведущих отраслей национального производства» [3, с. 6].

Далее обратимся к группе теоретико-методологических предпосылок, в качестве которых выступают идеи, теории и концепции, изложенные:

1) в современных педагогических исследованиях по проблемам инженерного образования [4; 5], в том числе в связи с международным проектом реформирования инженерного образования CDIO [6];

2) в научных публикациях, посвященных ПКБИ применительно к конкретным отраслям производства – в сфере транспорта [7; 8], горнодобывающей промышленности [9], для высокотехнологичных производств [10, 12] и ведущих отраслевых корпораций РФ (ПАО «Газпром» [12], ГК «Росатом» [13], ОАО «РЖД» [14] и др.);

3) в работах ученых, изучающих взаимодействие науки, образования и производства, в том числе в научно-образовательных комплексах (корпоративных, связанных с конкретными производствами и др.) [15-18];

4) в научных трудах, авторы которых осмысливают сущность процессов становления и развития личности. Речь идет о классических и современных теориях психологии личности (разработаны Л. С. Выготским [19], С. Л. Рубинштейном [20], В. И. Слободчиковым [21] и др.), концепциях профессионального становления личности (разработаны С. А. Дружиловым [22], Э. Ф. Зеером и Э. Э. Сыманюк [23], Ю. П. Поваренковым [24] и др.), теоретических идеях, предложенных в рамках исследований становления и развития профессионально-личностных качеств будущих инженеров [26; 26].

Вместе с тем, несмотря на накопленные научные знания, остаются недостаточно изученными сущность ПКБИ для новых условий, содержание и этапы процессов ее становления и развития, возможности отраслевого научно-образовательного комплекса для повышения результативности этих процессов.

Авторское представление о ПКБИ для новых социально-экономических условий формировалось в ходе изучения современной отечественной и зарубежной психолого-педагогической литературы. В результате были установлены ориентиры познания сущности данной компетентности в виде следующего утверждения: ПКБИ имеет отраслевую направленность и связана с интеллектуальным полем конкретной отрасли производства; характеризуется корпоративностью; подвержена факторам внешнего влияния, которые отражают глобальные трансформации в обществе и ведущих отраслях производства. Главными факторами, определяющими изменения сущности ПКБИ выявлены: «феномены цифровизации» – виртуализация, комплементарная пара в виде стремящихся к объединению и взаимодополняемости действующих сущностей, виртуальная логистика, искусственные интеллектуальные агенты; переход в отраслевых корпорациях от управления производством к управлению знаниями; интеграция трех аспектов феномена «знание» – личностно-деятельностного (знания принадлежат субъекту профессиональной деятельности), технологического (знания отделены от личности, существуют в системах искусственного интеллекта и являются объектом профессиональной деятельности инженера) и отраслевого (знания находятся в интеллектуальном поле отрасли и определяют специфику ПКБИ). Характеристика этим факторам дается в работе [3].

Имея в виду установленные ориентиры, мы провели семантический анализ представленных в изученной научной литературе понятий «профессиональная компетентность будущего инженера» и родовых понятий – «профессионализм» и «компетентность». По итогу проведенного анализа были выделены общие и специфические свойства ПКБИ, между которыми мы установили смысловые связи, таким образом разработав концептуальную схему, позволившую предложить рабо-

чее определение этого ключевого понятия исследования и определить структуру данной компетентности.

Профессиональная компетентность будущего инженера рассматривается нами как интегративное динамическое профессионально-личностное качество, характеризующее способность личности творчески решать задачи функционально обусловленной, внешне регулируемой инженерно-технической и производственно-технологической деятельности в конкретной отрасли производства, руководствуясь установленными нормами и регламентами, осознавая личную ответственность за результаты своих действий; предполагающее идентификацию с этой отраслью и являющееся чувствительным к происходящим в ней изменениям.

Специфика ПКБИ раскрывается через содержание трех взаимосвязанных и взаимообусловленных компонентов ее структуры. Первый компонент – мотивационно-личностный – включает корпоративность, обобщенные корпоративные ценности-цели (ориентированность на совершенствование профессиональной компетентности, ответственность за результаты собственных действий, профессионально значимые личностные качества, ценностное отношение к деятельности). Второй компонент – функционально-деятельностный – включает совокупность знаний (ресурсных, прагматических, проектных и оценочных), умений (познавательной и преобразовательной деятельности), компетенций (исследовательско-аналитической, производственно-технологической, инновационно-проектной, организационно-управленческой, коммуникативно-личностной) и начального производственного опыта в отрасли. Наконец, третий компонент – рефлексивно-оценочный – включает самоорганизацию, самоанализ, саморегуляцию, самооценку и самореализацию, обеспечивая понимание и оценку будущим инженером возможностей и границ своего индивидуального профессионального ресурса. При этом функционально-деятельностный компонент рассматривается внутренним компонентом ПКБИ, а мотивационно-ценностный и рефлексивно-оценочный – ее внешними компонентами, стимулирующими переход из потенциального состояния в актуальное.

Свойственная ПКБИ динамичность выражается в том, как данное профессионально-личностное качество становится и развивается. Проведенный теоретический анализ позволил охарактеризовать процессы становления и развития ПКБИ через совокупность подкатегорий. Так, содержание процесса становления характеризуется такими подкатегориями, как: возможность и действительность, революция и эволюция, старое и новое, зарождение, раздельность, отличенность, статика. А сущность категории «развитие» – такими подкатегориями, как: бесконечность, динамика, рост, устойчивость, направленность и отсутствие направленности, необратимость, закономерность.

С учетом этих характеристик мы определили становление и развитие ПКБИ как самодостаточные, взаимосвязанные, дополняющие и усиливающие друг друга процессы преобразования личности будущего инженера под влиянием внешних воздействий (педагогических, социально-профессиональных, производственно-технологических и др.) и собственных активных усилий, направленных на самосовершенствование и самореализацию в творческой деятельности, ведущие к формированию данного профессионально-личностного качества и его непрерывному совершенствованию на протяжении активной трудовой жизни, связанной с конкретной отраслью производства. При этом становление – процесс обретения будущим инженером профессиональной компетентности с фиксацией результатов происходящих преобразований: зарожде-

ние у данного профессионально-личностного качества новых сущностных свойств, их развитие до уровня количественной и качественной определенности, закрепление произошедших изменений в деятельности и стабилизация на достигнутом уровне развития. В свою очередь, развитие – процесс непрерывных, необратимых, закономерных, прогрессивных изменений, не являющихся кардинальными, приводящих к преобразованию и усилению уже устойчивого профессионально-личностного качества.

Отсюда, становление и развитие ПКБИ можно представить в виде последовательных этапов, которые будущий инженер проходит в процессе постепенного обретения профессиональной компетентности: этап 1 – зарождение новых сущностных свойств ПКБИ, этап 2 – закрепление приобретенного нового, этап 3 – стабилизация произошедших изменений (соотносятся с процессом становления на младших курсах); этап 4 – расширение индивидуального профессионального ресурса будущего инженера (знания, умения, компетенции, начальный производственный опыт, личностные качества), этап 5 – обогащение данного ресурса (соотносятся с процессом развития на старших курсах). Прохождение выделяемых этапов сопровождается изменением характера выполняемой обучающимися деятельности – от ознакомительно-ориентировочной (первый год обучения) к имитационно-исполнительской (второй год обучения), затем к продуктивно-созидательной (третий и четвертый годы обучения) и далее к творческо-преобразовательной (пятый и шестой годы обучения).

Основываясь на высказанной теоретической идее о том, что вовлеченность отраслевого технического вуза в жизненный цикл знаний соответствующей отрасли производства (которую может представлять крупная отраслевая корпорация), полагаем, что отраслевой научно-образовательный комплекс (НОК) обладает интегративным потенциалом для повышения результативности становления и развития ПКБИ. Формирование такого потенциала требует механизма взаимодействия участников комплекса, соответствующего новым социально-экономическим условиям. На основании результатов изучения истории отношений между профессиональным образованием и реальным сектором экономики сформулируем определение понятия отраслевого НОК, в котором находят отражение предлагаемые автором статьи структура комплекса и механизм взаимодействия его участников. Отраслевой НОК – это системное объединение организационных подструктур (образовательные и научные подразделения отраслевого технического вуза, производственные подразделения отраслевой корпорации, учредитель, отечественные и зарубежные организации-партнеры, центр управления знаниями – системообразующий элемент), взаимодействие которых реализуется через интегрированный жизненный цикл знаний (возникает при обмене потоками знаний между участниками комплекса, характеризуется открытостью и является областью высокой чувствительности к управляющим воздействиям) посредством открытой базы знаний в форме онтологий.

Важным для обоснования предлагаемого механизма взаимодействия является тот факт, что онтологии признаны ISO/IEC международным стандартом репрезентации знаний в отдельных отраслях производства и e-learning. Таким образом становится возможной стандартизация контента базы знаний отраслевого НОК, что реализует ее открытость, а также позволяет погружать локальное знание в глобальный контекст при наличии версий онтологий на английском языке.

Предлагаемый механизм технологически обеспечивает интеграцию участников данного комплекса на уровне содержания профессиональной подготовки инженеров. Следует подчеркнуть, что он не отрицает, но дополняет и усиливает существующие

механизмы взаимодействия отраслевых технических вузов с отраслью (социальные, экономические, административные и др.).

Все вышеизложенное позволяет предположить, что использование интегративного потенциала отраслевого НОК создает условия, способствующие более результативному становлению и развитию ПКБИ в отраслевых технических вузах.

Материалы и методы

Нами была проведена опытно-экспериментальная работа, которая осуществлялась в три этапа (констатирующий, формирующий, контрольный) с 2015 по 2019 г. В состав участников вошли четыре отраслевых (транспортных) вуза РФ: Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск (СГУПС), Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, г. Санкт-Петербург (ПГУПС), Омский государственный университет путей сообщения, г. Омск (ОмГУПС) и Сибирский государственный университет водного транспорта, г. Новосибирск (СГУВТ).

Непосредственно в экспериментальном обучении были задействованы 252 студента младших и старших курсов инженерных факультетов (специалисты, бакалавры и магистры), которые распределялись в контрольные и экспериментальные группы: две на младших курсах (КГ1 и ЭГ1) и две – на старших (КГ2 и ЭГ2). Такое распределение осуществлялось в соответствии с планом эксперимента, которым был выбран «план Соломона» для четырех рандомизированных групп [27]. Обоснование выбора связано с возможностью контролировать факторы, снижающие валидность опытно-экспериментальной работы (эффект тестирования и различные фоновые воздействия). Классический вариант плана был дополнен контрольными срезами, которые проводились на этапе формирующего эксперимента для понимания влияния разработанных средств педагогического инструментария на результативность экспериментального обучения.

После завершения экспериментального обучения был запланирован отсроченный контрольный срез для проверки устойчивости произошедших изменений ПКБИ – тест на выживаемость знаний. Значения индивидуального показателя качества усвоения знаний (содержательной учебной информации) рассчитывались по формуле, предложенной В. П. Беспалько [28]. Для оценки статистической значимости установленных различий использовался критерий χ^2 .

Испытуемые экспериментальных групп занимались в условиях отраслевого НОК, которые реализовывались соответственно этапам процессов становления и развития ПКБИ и характеризовались как «стратегические», т. к. связывались с долгосрочными преобразованиями личности будущего инженера. Такими условиями мы определили: ориентирование на идентификацию с отраслью, корпоративность и генерацию новых знаний; приобщение к нормативной, внешне регулируемой деятельности; приумножение теоретических знаний, практических умений и начального производственного опыта; обогащение опытом творческой деятельности.

Названные стратегические условия соотносились с педагогическими стратегиями «обогащение», «приобщение», «обогащение» и «приумножение». На тактическом уровне они осуществлялись конкретными педагогическими действиями – тактиками. На операционном уровне применялся специально разработанный педагогический инструментарий, состоящий из совокупности взаимосвязанных, взаимодополняющих

и усиливающих друг друга педагогических средств (инструментов), предназначенных преподавателям, обучающимся, научным сотрудникам и представителям производства. Каждое из этих средств было направлено на решение своей конкретной задачи; в комплексе их использование обеспечивало формирование интегративного потенциала отраслевого НОК и организацию совместной деятельности по генерации новых знаний. С этой целью были созданы: средства для совместной разработки, актуализации и управления контентом открытой базы знаний в форме онтологий; дополнительная образовательная программа, важной частью которой являлись стажировки будущих инженеров на отечественных и зарубежных отраслевых предприятиях; модули практико-ориентированных учебно-методических комплексов; программа повышения квалификации преподавателей; средства технико-методического сопровождения процесса использования педагогического инструментария [3; 29].

В состав средств технико-методического сопровождения была включена базовая диагностика ПКБИ (свидет. о гос. рег. № 24377 от 04.12.2019), которая применялась в ходе опытно-экспериментальной работы для оценки результативности становления и развития данного профессионально-личностного качества. Базовую диагностику составили критерии, уровни проявления ПКБИ, средства для сбора и обработки данных.

Критерии были выделены в соответствии с компонентами в структуре ПКБИ, а показатели определялись, исходя из теоретической идеи о том, что на уровне вуза профессиональная компетентность проявляется через готовность личности к профессиональной деятельности, которая оценивается с более высокой достоверностью. Таким образом, в качестве критериев и раскрывающих их содержание показателей использовались: критерий корпоративности – отражает интеграцию будущего инженера с профессиональным сообществом и корпоративной средой (имеет показателем личностную готовность к профессиональной деятельности); критерий концептуальности – связывается с построением обучающимся мысленных конструкций для решения задач в учебной и учебно-профессиональной деятельности (показатель – теоретическая готовность к профессиональной деятельности); критерий техничности – выявляет способность обучающегося осознанно, самостоятельно, организованно и творчески реализовывать предлагаемые теоретические решения на практике, определяет успешность в межличностных взаимодействиях (показателем является практическая готовность к профессиональной деятельности).

Горизонт развития ПКБИ очерчивался через иерархические уровни ее проявления – критический, низкий, средний и высокий. В названиях и содержании уровней учитывались рекомендации ведущих отраслевых корпораций РФ для связанных с ними вузов и корпоративные требования к компетентности сотрудников. С целью вынесения оценочных суждений о степени выраженности ПКБИ эти уровни были охарактеризованы соответственно выделенным критериям и показателям.

Для сбора данных использовались: процедура оценки профессиональной готовности обучающихся (на основе опросника Л. Н. Кабардовой, адаптированного с учетом метода опросов «360 градусов», применяемого во многих отраслевых корпорациях для оценки мотивации сотрудников и их ориентированности на корпоративные ценности); автоматизированные тесты для оценки уровня знаний, умений и навыков умственных действий; процедура и шкалы экспертной оценки результатов деятельности обучающихся по разработке сквозных междисциплинарных проектов, которая рассматривается системообразующей.

Собранная информация накапливалась в нескольких дополняющих друг друга базах данных для последующего анализа. С целью установления уровня проявления ПКБИ как интегративного целого было адаптировано квалитетическое правило оценки уровня развития педагогической системы, предложенное И. К. Шалаевым [30]. Качественные характеристики показателей переводились в количественную форму и нормировались для расчета значений интегрального коэффициента ($Y_{\text{и}}$), которые затем интерпретировались по интервальной шкале. Распределение значений основывалось на результатах исследований В. П. Беспалько [28] и S. V. Shishkina и соавторов [7]. Статистическая значимость установленных различий средних значений проверялась с использованием t-критерия Стьюдента.

Результаты исследования

На этапе констатирующего эксперимента (2015–2016 гг.) был определен фактический уровень проявления профессиональной компетентности обучающихся трех инженерных факультетов СГУПС. В соответствии с планом Соломона стартовый срез проводился только в КГ1 и ЭГ1 (69 чел.). Результаты количественного анализа показали минимальные различия в распределении испытуемых по выделенным критериям и значениям интегрального коэффициента $Y_{\text{и}}$. У большинства испытуемых ПКБИ проявлялась на низком уровне, в обеих группах были установлены обучающиеся со средним и критическим уровнями, а обучающихся с высоким уровнем не оказалось. Для принятия решения о статистической значимости различий средних значений $Y_{\text{и}}$ было получено значение t-критерия Стьюдента равное 1,77 (критическое значение равно 1,997 при уровне значимости α равном 0,05).

После установления стартового уровня проявления ПКБИ было начало экспериментальное обучение на этапе формирующего эксперимента (2016–2017 гг.). Для этого в экспериментальных группах в соответствии с выделенными этапами становления и развития ПКБИ реализовывались стратегические условия и применялись средства разработанного педагогического инструментария. В ходе формирующего эксперимента мы констатировали превышение результатов в экспериментальных группах по сравнению с контрольными на младших (КГ1 и ЭГ1) и старших (КГ2 и ЭГ2) курсах по выделенным критериям и значениям коэффициента $Y_{\text{и}}$. Для понимания характера различий средних значений $Y_{\text{и}}$ были вычислены следующие значения t-критерия Стьюдента: для КГ1 и ЭГ1 – 4,95; для КГ2 и ЭГ2 – 2,83 (при критическом значении равном 1,997).

Сравнение данных, полученных на младших курсах по итогу трех контрольных срезов после последовательного введения в ЭГ1 разработанных средств педагогического инструментария (средства для совместной разработки, актуализации и управления контентом открытой базы знаний в форме онтологий; модули практико-ориентированных учебно-методических комплексов и дополнительная образовательная программа; программа повышения квалификации преподавателей), позволило зафиксировать более выраженные положительные изменения в уровне проявления профессиональной компетентности в экспериментальной группе, чем в контрольной.

Распределение обучающихся по уровням проявления профессиональной компетентности в ходе констатирующего и формирующего эксперимента показано на рисунке 1.

Рисунок 1 Распределение будущих инженеров в экспериментальных и контрольных группах по уровням проявления профессиональной компетентности: констатирующий и формирующий эксперимент (147 чел.)

Результаты анализа, представленные в характеристиках уровней проявления ПКБИ, позволили констатировать, что на этапе зарождения новых сущностных свойств данного профессионально-личностного качества обучающиеся сосредоточены на знакомстве со спецификой профессиональной деятельности в отраслевом контексте. Закрепление новых свойств ПКБИ осуществлялось в имитационно-исполнительской деятельности. На данном этапе обучающиеся активно осваивали новые алгоритмы решения типовых задач учебной деятельности, встраивали их в свою проектную работу, начинали понимать ограничения этих алгоритмов для решения нестандартных задач, требующих выхода на уровень творчества. На этапе расширения индивидуального профессионального ресурса возрастала исследовательская активность обучающихся, проектная работа приобретала индивидуальный характер и становилась источником приумножения теоретических знаний и практических умений. Наконец, включение будущих инженеров в научно-исследовательские коллективы по реализации научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ обогащало их опытом творческой деятельности.

На этапе контрольного эксперимента (2017–2019 гг.) в экспериментальном обучении приняли участие студенты из разных транспортных вузов РФ, в которых были реализованы стратегические условия. По его итогу был установлен прогресс в уровне проявления профессиональной компетентности испытуемых во всех экспериментальных и контрольных группах по выделенным критериям и значениям коэффициента Уи. При этом более интенсивная положительная динамика была выявлена в экспериментальных группах по сравнению с контрольными (см. рис. 2). При установлении статистической значимости различий были получены значения *t*-критерия Стьюдента: для КГ1 и ЭГ1 равное 3,18, для КГ2 и ЭГ2 равное 3,89 (при критическом значении равном 1,997).

Рисунок 2 Распределение будущих инженеров в экспериментальных и контрольных группах по уровням проявления профессиональной компетентности: контрольный эксперимент (105 чел.)

Результаты анализа, выраженные в характеристиках уровней проявления ПКБИ, позволили зафиксировать тенденции, выявленные на младших и старших курсах в ходе формирующего эксперимента.

Учитывая заинтересованность работодателей в сохранении усвоенного содержания профессиональной подготовки в памяти выпускников инженерных факультетов были организованы тесты по проверке выживаемости знаний участников экспериментального обучения. Тестирование проводилось на протяжении года с периодичностью в 30, 90, 180, 270 и 360 дней после завершения экспериментального обучения на выборке испытуемых младших курсов, которые имели значение индивидуального показателя качества усвоения знаний (содержательной учебной информации) больше либо равно 70 % (всего 52 чел.). Процедура этой части опытно-экспериментальной работы описана в статье [31].

Несмотря на то что потеря знаний не являлась полной в обеих группах, в экспериментальной группе количество «выживших» (имели значение индивидуального показателя качества усвоения знаний больше либо равно 70 %) установлено больше (7 чел.), чем в контрольной группе (1 чел.). После проведенных расчетов было получено значение χ^2 равное 5,32 при уровне значимости α равное 0,05 и критическом значении равном 4,0.

Обсуждение результатов

Анализ данных стартового среза, проведенного на этапе констатирующего эксперимента среди будущих инженеров младших курсов, позволил прийти к заключению, что в распределении испытуемых по уровням проявления ПКБИ в эксперименталь-

ной и контрольной группах до начала экспериментального обучения отсутствовали статистически значимые различия. Это подтвердили полученные значения t -критерия Стьюдента при сравнении средних значений $U_{и}$.

Об успешности экспериментального обучения свидетельствовали более интенсивные положительные изменения в уровнях проявления профессиональной компетентности обучающихся на младших и старших курсах в экспериментальных группах по сравнению с контрольными. Значимость различий средних значений $U_{и}$ была подтверждена статистически. Данный факт объясняем последовательной реализацией в ЭГ1 и ЭГ2 условий, обеспечивающих формирование и использование интегративного потенциала отраслевого НОК, соответственно выделенным этапам становления и развития ПКБИ.

Результаты количественного анализа и результаты анализа, выраженные в характеристиках уровней проявления профессиональной компетентности, не противоречат друг другу, что подтверждает справедливость авторского представления о сущности ПКБИ для новых условий, содержании этапов процесса становления данного профессионально-личностного качества на младших курсах и развития на старших курсах, а также перспективность предложенного механизма взаимодействия участников отраслевого НОК. Интерпретировав итоги формирующего эксперимента в соответствии с планом Соломона для четырех групп, мы пришли к заключению о большей результативности становления и развития ПКБИ в экспериментальных группах на младших и старших курсах по сравнению с контрольными.

Сделанное заключение подтвердили результаты контрольного эксперимента с участием обучающихся разных транспортных вузов. Прогрессивные изменения были зафиксированы во всех группах испытуемых, однако в экспериментальных группах они оказались более выраженными. Различия средних значений $U_{и}$ были признаны статистически значимыми по значениям t -критерия Стьюдента. Результаты анализа, представленные в характеристиках уровней проявления ПКБИ, также отражали тенденции становления и развития данной компетентности на младших и старших курсах, выявленные в ходе формирующего эксперимента. В пользу большей устойчивости произошедших изменений у обучающихся в экспериментальных группах свидетельствовали меньшие и менее интенсивные потери знаний. Это различие также являлось статистически значимым по полученному значению критерия χ^2 .

Заключение

Подводя итог опытно-экспериментальной работе, приходим к заключению, что результативность становления и развития ПКБИ повышается в условиях отраслевого НОК. Анализ экспериментальных данных позволил констатировать большее количество обучающихся на младших и старших курсах со средним и высоким уровнями проявления профессиональной компетентности в экспериментальных группах по сравнению с контрольными после проведения экспериментального обучения. Испытуемые экспериментальных групп также продемонстрировали более глубокое усвоение содержания обучения, что свидетельствует о большей устойчивости произошедших за время экспериментального обучения изменений ПКБИ.

Успешности перехода данного профессионально-личностного качества от становления на младших курсах к развитию на старших курсах способствуют педагогические

стратегии, осуществляемые на тактическом уровне конкретными педагогическими действиями (тактиками), а на операционном уровне – совокупностью средств разработанного педагогического инструментария. Важную роль для организации совместной деятельности по генерации новых знаний играют средства для совместной разработки, актуализации и управления контентом открытой базы знаний в форме онтологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шваб, К. Четвертая промышленная революция. Москва: Эксмо, 2018. 285 с.
2. Dante G., La Rosa G., Lopez P., Bayona A. L. Domain analysis of the research in professional competences, technology and engineering cluster // *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2015. № 182. P. 163–172. DOI: 10.1016/j.sbspro.2013.08.687
3. Хабаров В. И., Волежанина И. С. Цифровые трансформации в профессиональном образовании (на примере подготовки кадров транспорта) : монография. М.: РУСАЙНС, 2018. 210 с.
4. Чучалин А. И. Инженерное образование в эпоху индустриальной революции и цифровой экономики // *Высшее образование в России*. 2018. Т. 27, № 10. С. 47–62. DOI: 10.31992/0869-3617-2018-27-10-47-62
5. Романцев Г. М., Ефанов А. В., Бычкова Е. Ю. Профессиональное ремесленное образование как социально-педагогическая проблема // *Вестник Московского государственного областного университета. Сер.: Педагогика*. 2018. № 1. С. 170–181. DOI: 10.18384/2310-7219-2018-1-170-181
6. Долженко Р. А. Концепция CDIO как основа инженерного образования: промежуточные итоги и направления дальнейшего использования в России // *Известия Уральского государственного горного университета*. 2017. № 2 (46). С. 104–108. DOI: 10.21440/2307-2091-2017-2-104-108
7. Shishkina S. V., Pristupa Yu. D., Pavlova L. D., Fryanov V. N. Cognitive simulation of incident risks in the structure of loading and transport enterprise // *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2017. № 84. P. 1–8. DOI: 10.1088/1755-1315/84/1/012027
8. Skirmantienė J., Vaičiūtė K. Competence evaluation of transport management specialists: research on graduates' attitudes registered at labour exchange // 9th International Scientific Conference "Business and Management 2016", May 12–13, 2016, Vilnius. URL: <http://www.bm.vgtu.lt> (дата обращения: 02.11.2019). DOI: 10.3846/bm.2016.55
9. Малышев Ю. Н., Титова А. В., Пучков А. Л., Титов Г. И. Принципиальная модель создания единой коммуникационной среды для формирования кадрового резерва для производства и науки минерально-сырьевого сектора экономики РФ // *Горная Промышленность*. 2018. № 1 (137). С. 17–20. DOI: 10.30686/1609-9192-2018-1-137-17-20
10. Сердюк А. И., Белоновская И. Д., Радыгин А. Б. Опыт целевой подготовки кадров для ОПК // *Высшее образование в России*. 2018. Т. 27, № 10. С. 125–135. DOI: 10.31992/0869-3617-2018-27-10-125-135.....
11. Журавлева М. В., Черкасова Е. И. Непрерывная подготовка кадров в условиях технологической трансформации нефтегазохимического комплекса // *Управление устойчивым развитием*. 2019. № 5 (24). С. 98–103.
12. Руденко В. А., Головкин М. В., Евдошкина Ю. А., Василенко Н. П. К вопросу об эффективных практиках подготовки кадров для реализации экспортоориентированной стратегии ГК «Росатом» // *Глобальная ядерная безопасность*. 2019. № 1 (30). С. 124–135.
13. Абрамов А. Д., Задорин Г. П., Манаков А. Л., Маслов Н. А. Повышение эффективности подготовки кадров для ОАО «РЖД» // *Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения*. 2018. № 3 (46). С. 25–32.
14. Шайхутдинова Г. А., Яворский О. О. «Газпром-классы» как форма преемственности подготовки кадров для газовой отрасли на Ямале // *Казанский педагогический журнал*. 2016. № 1 (114). С. 138–143.
15. Федоров В. А., Давыдова Н. Н. Развитие совместной деятельности образовательных организаций и промышленных предприятий в условиях научно-образовательной сети // *Инновации в профессиональном и профессионально-педагогическом образовании: материалы 22-й Междунар. науч.-практ. конф., 18–20 апреля 2017 г., Екатеринбург / Рос. гос. проф.-пед. ун-т. Екатеринбург : Изд-во РГППУ, 2017. С. 44–48.*
16. Чапаев Н. К., Чошанов М. А. Стратегия создания современной концепции интегративно-целостного образования (на примере опыта горнозаводских школ Урала) // *Образование и наука*. 2017. Т. 19, № 1. С. 25–62. DOI: 10.17853/1994-5639-2017-1-11-38
17. The Learning Factory – A New Stimulus to Enhance International Collaboration / M. R. Darum, D. Palm, R. Athinarayanan [et al.] // *Procedia Manufacturing: 9th Conference on Learning Factories*. 2019. № 31. P. 290–295. DOI:10.1016/j.promfg.2019.03.046
18. Bridging the Gap between Academia and Practice: Project-Based Class for Prestressed Concrete Applications / I. M. Mantawy, C. Rusch, S. Ghimire [et al.] // *Education Science*. 2019. № 9. URL: <https://www.mdpi.com/2227->

7102/9/3/176 (дата обращения: 22.01.2020). DOI: 10.3390/educsci9030176

19. Выготский Л. С. Лекции по педологии. Ижевск: Удмуртский университет, 2001. 304 с.
20. Рубинштейн С. Л. Основы общей психологии. СПб.: Питер, 2012. 720 с.
21. Слободчиков В. И. Психология становления и развития человека в образовании (доклад) // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 16. Психология. Педагогика. 2016. № 1. С. 100–108.
22. Дружилов С. А. Психология профессионализма. Харьков: Гуманитарный Центр, 2017. 360 с.
23. Зеер Э. Ф., Сыманюк Э. Э. Профессиология: психологический контент: учеб. пособие. Сер. Высшее образование: Магистратура. М.: Научно-издательский центр ИНФРА-М, 2019. 194 с.
24. Поваренков Ю. П. Уточненная классификация основных подходов к периодизации профессионального становления личности // Взаимодействие академической и практико-ориентированной психологии в сфере образования: материалы II науч.-практ. конф. с междунар. участием, 17-18 мая 2019 г., Ярославль / Ярославский государственный педагогический университет им. К. Д. Ушинского; Международная Академия Психологических Наук. Ярославль, 2019. С. 59–65.
25. Коляда М. Г. Становление профессиональной компетентности будущих инженеров по охране труда как психолого-педагогическая проблема // Донецкие чтения 2018: образование, наука, инновации, культура и вызовы: материалы III Междунар. науч.-практ. конф., 25 октября 2018 г., Донецк / Донецкий нац. ун-т. Донецк, 2018. С. 107–109.
26. Цыгулева М. В. Развитие рефлексивного компонента профессиональной компетентности будущих инженеров в процессе изучения гуманитарных дисциплин: автореф. дис.... канд. пед. наук: 13.00.08 / Цыгулева Маргарита Викторовна. Омск, 2016. 22 с.
27. Дружинин В. Н. Экспериментальная психология: учебное пособие для бакалавриата, специалитета и магистратуры. 2-е изд., доп. Москва: Издательство Юрайт, 2019. 386 с. URL: <http://biblio-online.ru/bcode/427494> (дата обращения: 29.03.2020).
28. Беспалько В. П. Слагаемые педагогической технологии. М.: Педагогика, 1989. – 192 с.
29. Volegzhanina I. S., Chusovlyanova S. V., Bykadorova E. S., Pakhomova J. V. Ontology-Based Virtual Learning Environment for Academic Knowledge Co-Management (by an Example of Transport Universities // *Astra Salvensis*. 2018. № VI. P. 787–796
30. Шалаев И. К. Повышение качества образовательного сервиса на основе мотивационного программно-целевого управления: монография. Барнаул: АлтГПА, 2010. 203 с.
31. Survival of engineers' knowledge within production processes digitalization / I. S. Volegzhanina, S. V. Chusovlyanova [et al.] // *AD ALTA. Journal of Interdisciplinary Research*. 2019. Iss. 1 (Special VI). P. 31–35.

REFERENCES

1. Schwab K. The fourth industrial revolution. Moscow, Eksmo Publ., 2018. 285 p.
2. Dante G., La Rosa G., Lopez P., Bayona A. L. Domain analysis of the research in professional competences, technology and engineering cluster. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 2015, no. 182, pp. 163–172. doi: 10.1016/j.sbspro.2013.08.687
3. Khabarov V. I., Volegzhanina I. S. Digital transformations in professional education (by an example of transport workforce training): monograph. Moscow, RUSAJNS Publ., 2018. 210 p.
4. Chuchalin A. I. Engineering education in the era of the industrial revolution and the digital economy. *Higher education in Russia*, 2018, vol. 27, no. 10, pp. 47–62. doi: 10.31992/0869-3617-2018-27-10-47-62
5. Romancev G. M., Efanov A. V., Bychkova E. Ju. Professional trade education as a social and pedagogical problem. *Bulletin of the Moscow State Regional University. Ser.: Pedagogy*, 2018, no. 1, pp. 170–181. doi: 10.18384/2310-7219-2018-1-170-181
6. Dolzhenko R. A. CDIO concept as the basis of engineering education: interim results and directions for further use in Russia. *News of the Ural state mining University*, 2017, no. 2 (46), pp. 104–108. doi: 10.21440/2307-2091-2017-2-104-108
7. Shishkina S. V., Pristupa Yu. D., Pavlova L. D., Fryanov V. N. Cognitive simulation of incident risks in the structure of loading and transport enterprise. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 2017, no. 84, pp. 1–8. doi: 10.1088/1755-1315/84/1/012027
8. Skirmantienė J., Vaičiūtė K. Competence evaluation of transport management specialists: research on graduates' attitudes registered at labour exchange. *9th International Scientific Conference "Business and Management 2016"*, May 12–13, 2016, Vilnius. Available at: <http://www.bm.vgtu.lt> (accessed 02.11.2019). doi: 10.3846/bm.2016.55
9. Malyshev Ju. N., Titova A. V., Puchkov A. L., Titov G. I. A basic model for developing a common communication environment for the formation of a candidates' pool for the industry and science of the mineral sector of the Russian economy. *Mining Industry*, 2018, no. 1 (137), pp. 17–20. doi: 10.30686/1609-9192-2018-1-137-17-20
10. Serdjuk A. I., Belonovskaja I. D., Radygin A. B. Experience in targeted training for the defense industry. *Higher education in Russia*, 2018, vol. 27, no. 10, pp. 125–135. doi: 10.31992/0869-3617-2018-27-10-125-135

11. Zhuravleva M. V., Cherkasova E. I. Continuous training of personnel within the technological transformation of the petrochemical complex. *Management of sustainable development*, 2019, no. 5 (24), pp. 98–103.
12. Rudenko V. A., Golovko M. V., Evdoshkina Ju. A., Vasilenko N. P. On the issue of effective training practices for implementing the export-oriented strategy of Rosatom State Corporation. *Global nuclear security*, 2019, no. 1 (30), pp. 124–135.
13. Abramov A. D., Zadorin G. P., Manakov A. L., Maslov N. A. Improving the efficiency of personnel training for JSC Russian Railways. *Bulletin of the Siberian Transport University*, 2018, no. 3 (46), pp. 25–32.
14. Shajhutdinova G. A., Javorskij O. O. Gazprom-classes as a form of succession in personnel training for the Yamal' gas industry. *Kazan pedagogical journal*, 2016, no. 1 (114), pp. 138–143.
15. Fedorov V. A., Davydova N. N. Development of joint activities of educational organizations and industrial enterprises within the research and educational network. *Innovations in professional and professional-pedagogical education: Proceedings of the 22nd international scientific and practical conference, April 18–20, 2017*, Yekaterinburg, Russian State Professional and Pedagogical University, Yekaterinburg, Publishing house of RSPPU, pp. 44–48.
16. Chapaev N. K., Choshanov M. A. Strategy for developing a modern concept of integrative and integral education (based on the experience of mining schools in the Urals). *Education and science*, 2017, vol. 19, no. 1, pp. 25–62. doi: 10.17853/1994-5639-2017-1-11-38
17. The Learning Factory – A New Stimulus to Enhance International Collaboration / M. R. Darum, D. Palm, R. Athinayanan [et al.]. *Procedia Manufacturing: 9th Conference on Learning Factories*, 2019, no. 31, pp. 290–295. doi:10.1016/j.promfg.2019.03.046
18. Bridging the Gap between Academia and Practice: Project-Based Class for Prestressed Concrete Applications / I. M. Mantawy, C. Rusch, S. Ghimire [et al.]. *Education Science*, 2019, no. 9. Available at: <https://www.mdpi.com/2227-7102/9/3/176> (accessed 22.01.2020). doi: 10.3390/educsci9030176
19. Vygotskij L. S. The lectures of Pedology. Izhevsk, Udmurt State University Publ., 2001, 304 p.
20. Rubinshtejn S. L. Fundamentals of General psychology, Saint-Petersburg, Piter Publ., 2012, 720 p.
21. Slobodchikov V. I. Psychology of human becoming and development in education (report). *Bulletin of the Saint Petersburg University, Ser. 16: Psychology. Pedagogy*, 2016, no. 1, pp. 100–108.
22. Druzhilov S. A. Psychology of professionalism. Kharkov, Humanitarian Center Publ., 2017, 360 p.
23. Zeer Je. F., Symanjuk Je. Je. Professiology: psychological content: textbook. Ser. Higher education: Master's Degree, Moscow, INFRA-M Research and Publishing Center, 2019, 194 p.
24. Povarenkov Ju. P. Refined classification of the main approaches to the periodization of a person's professional becoming. *Interaction of academic and practice-oriented psychology in education: Proceedings of the II scientific and practical conference with international participation, Moscow, May 17–18, 2019*, Yaroslavl, Yaroslavl State Pedagogical University n.a. K. D. Ushinsky; International Academy of Psychological Sciences, Yaroslavl, 2019, pp. 59–65.
25. Koljada M. G. The becoming of professional competence of future engineers in occupational safety as a psychological and pedagogical problem. *Donetsk readings 2018: education, science, innovation, culture and challenges: Proceedings of the III international scientific and practical conference, October 25, 2018*, Donetsk, Donetsk National University, Donetsk, 2018, pp. 107–109.
26. Cyguleva M. V. Development of the reflexive component of future engineers' professional competency in studying of humanities: abstract Diss. PhD Ped. Sci., Omsk, 2016, 22 p.
27. Druzhinin V. N. Experimental psychology: a textbook for Bachelor's, Specialist's and Master's students, 2nd ed., Moscow, JURAJT Publishing House, 2019, 386 p. Available at: <http://biblio-online.ru/bcode/427494> (accessed: 29.03.2020).
28. Bepal'ko V. P. The components of pedagogical technology. Moscow, Pedagogy Publ., 1989, 192 p.
29. Volegzhanina I. S., Chusovlyanova S. V., Bykadorova E. S., Pakhomova J. V. Ontology-Based Virtual Learning Environment for Academic Knowledge Co-Management (by an Example of Transport Universities. Astra Salvensis, 2018, no.VI, pp. 787–796.
30. Shalaev I. K. Improving the quality of educational service on the basis of a motivational program-targeted management: monograph. Barnaul: Altai State Pedagogical Academy, 2010, 203 p.
31. Survival of engineers' knowledge within production processes digitalization / I. S. Volegzhanina, S. V. Chusovlyanova [et al.]. AD ALTA. *Journal of Interdisciplinary Research*, 2019, Iss. 1 (Special VI), pp. 31–35.

Информация об авторе

Волгжанина Ирина Сергеевна
(Россия, Новосибирск)
Доцент, кандидат педагогических наук, доцент
кафедры «Иностранные языки»
Сибирский государственный университет путей
сообщения
E-mail: erarcher@mail.ru
ORCID ID: 0000-0002-5523-714X

Information about the author

Irina S. Volegzhanina
(Novosibirsk, Russia)
Associate Professor, PhD in Pedagogical Sciences,
Associate Professor of the Department of Foreign
Languages
Siberian State University of Railway Engineering
E-mail: erarcher@mail.ru
ORCID ID: 0000-0002-5523-714X