

О современной модели инженерной подготовки

Сысоев Александр Алексеевич – д-р физ.-мат. наук, проф. E-mail: AASysyoev@mephi.ru

Весна Елена Борисовна – д-р психол. наук, проф., проректор. E-mail: EBВесна@mephi.ru

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия

Адрес: 115409, г. Москва, Каширское шоссе, 31

Александров Юрий Иосифович – д-р психол. наук, проф., член-корр. РАО. E-mail: yuraalexandrov@yandex.ru

Институт психологии Российской академии наук, Москва, Россия

Адрес: 129366, г. Москва, ул. Ярославская, 13

Московский государственный психолого-педагогический университет, Москва, Россия

Адрес: 127051, г. Москва, ул. Сретенка, 29

Аннотация. Целью статьи является представление модели подготовки инженеров, базирующейся на новых подходах к инженерному образованию с учётом современных достижений педагогики высшей школы. По мнению авторов, основная причина недостаточного уровня инженерной подготовки состоит в несоответствии сущности передаваемых студентам знаний (как по форме, так и по содержанию) специфике деятельности инженера. Поэтому важной задачей является устранение этого противоречия. В основе предлагаемой модели инженерной подготовки лежит проектирование учебного процесса в логике построения инженерного процесса при разработке инновационной техники. Такая технология обучения, получившая название имитационно-деятельностной технологии инженерной подготовки (ИДТИП), разработана и апробирована в Национальном исследовательском ядерном университете (МИФИ) при подготовке инженеров-разработчиков инновационной техники. Основы, заложенные в предлагаемую технологию инженерной подготовки и механизмы её реализации, можно рассматривать как старт для разработки новой парадигмы подготовки специалистов в данном направлении.

Ключевые слова: инженерное образование, имитационно-деятельностная технология инженерной подготовки, инженерные навыки, метод ТРИЗ, изобретательская мотивация

Для цитирования: Сысоев А.А., Весна Е.Б., Александров Ю.И. О современной модели инженерной подготовки // Высшее образование в России. 2019. Т. 28. № 7. С. 94–101.

DOI: <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2019-28-7-94-101>

Введение. Постановка проблемы

Разные виды деятельности в университете вносят разный вклад в развитие способности самостоятельно осваивать инженерные навыки как в процессе обучения, так и после его окончания. Формально их можно расположить на линейке от «пассивных» до «активных». К первым относят, например, слушание лекций или приём любой речевой информации. К активным формам относятся виды деятельности, в процессе которых студент самостоятельно обрабатывает учебную или научную информацию для дости-

жения тех или иных результатов (подготовка и чтение лекций/докладов, выполнение проектирования, подготовка и выполнение лабораторных работ и т.п.). Однако увеличение доли активных методов в сравнении с пассивными не решает полностью задачу повышения эффективности инженерной подготовки. Необходима более существенная перестройка всего учебного процесса. Последний, по сути, должен быть встроен в настоящую инженерную деятельность.

Описание подобной технологии обучения можно, в частности, встретить в рабо-

тах К.Г. Марквардта [1]. Пожалуй, в этой работе впервые сделана попытка радикально «сшить» классический процесс обучения с реальной инженерной деятельностью. В дальнейшем фундаментальные основы такого подхода были рассмотрены в работах А.А. Вербицкого в рамках теории контекстного обучения [2].

Масштабные педагогические эксперименты по перенастройке инженерного образования, сближения его с инженерной деятельностью проводились в Советском Союзе в 80-е годы прошлого века параллельно в некоторых ведущих инженерных вузах. Так, например, в Институте городского хозяйства (г. Харьков) и Московском институте инженеров железнодорожного транспорта активно внедрялось проектное обучение. Студентам первого курса поручали инженерный проект в облегчённом варианте, соответствующем их стартовому уровню знаний. Учебные дисциплины формировались исходя из требований теоретической поддержки решений, предусмотренных инженерным проектом. На каждом последующем курсе сложность задач в ходе проработки проекта возрастала. К дипломному проекту студенты подходили с развитыми инженерными компетенциями и опытом решения реальной инженерной проблемы. В это же время в Московском инженерно-физическом институте (МИФИ) стартовал проект по разработке и апробации принципиально новой модели подготовки инженеров-физиков, названной «Имитационно-деятельностная технология обучения» (ИДТО) [3; 4]. Позднее она получила название «Имитационно-деятельностная технология инженерной подготовки» (ИДТИП). Технология разрабатывалась и апробировалась в рамках индивидуальных планов обучения студентов. Её отличительные особенности: выполнение многосеместрового сквозного курсового проекта со всеми атрибутами инженерной деятельности, индивидуальная мотивационная поддержка всего процесса обучения, инновационный (изобретательский) харак-

тер поставленной перед студентами задачи [5]. В настоящее время этот подход активно развивается в нашем университете с учётом новых реалий.

Попытка максимально приблизить инженерную подготовку к повседневной инженерной деятельности предпринята в широко распространённой в США программе STEM Education (Science, Technology, Engineering, Mathematics), которая синтезировала последние достижения педагогической науки в этой области [6; 7]. Авторами программы отмечается приоритетность комбинирования традиционной формы подготовки специалистов с опорой на самостоятельное освоение знаний в процессе профессиональной деятельности. Другой попыткой сближить инженерное образование с решением реальных инженерных задач является проект «Всемирная инициатива CDIO» (Conceive – Design – Implement – Operate, т.е. Планировать – Проектировать – Производить – Применять) [8]. С 2002 г. в нём принимают участие ведущие инженерные школы и технические университеты США, Канады, Европы, Соединённого Королевства, Африки, Азии (более 40 университетов в 20 странах мира). В его основу положены 12 стандартов [9], в которых формулируются действия, обеспечивающие улучшение инженерной подготовки. Одной из важных составляющих CDIO является стандарт 5, определяющий наличие в учебном плане двух или более проектов, предусматривающих получение студентом опыта проектно-внедренческой деятельности. Инициатива призвана изменить природу инженерного образования, вернув ему фокус на изобретательские компетенции.

Следует отметить, что у инициативы CDIO много общего с технологией ИДТИП. Вместе с тем, на наш взгляд, CDIO имеет два существенных недостатка. Первый состоит в относительно низком уровне предлагаемой студентам проектной работы. Если в ИДТИП проект является «сквозным» (с 1-го курса по заключительный, вплоть до защиты

диплома) и, что более важно, содержащим задачу, требующую от будущего инженера высокого уровня подготовки (в конце работы должна быть решена реальная производственная/научная задача), то CDIO предусматривает включение студентов в несколько не связанных друг с другом проектов разного уровня сложности (в зависимости от степени подготовленности студентов на разных курсах). Между тем именно сквозной проект позволяет осуществить комплексный подход к инженерной деятельности, показать реальную связь практической задачи с изучаемыми дисциплинами, продемонстрировать разрыв между необходимыми и имеющимися знаниями, замотивировать таким образом студентов на профессиональное развитие. В результате в контексте серьёзной профессиональной задачи у студентов формируется способность использовать новые знания на практике. Обучение в этом случае происходит оптимальным образом: при перманентной разработке проекта на каждом этапе происходит дополнительное «закрепление» усвоенного на предыдущем этапе материала.

По мнению разработчиков ИДТИП, принципиальным для подготовки инженерных кадров является создание целостной системы обучения, предполагающей увязку содержания учебных дисциплин с выполняемым проектом. Причём это относится и к общеобразовательным, и к специальным, и к гуманитарным дисциплинам. Только в этом случае формируется целостная система наполненных личностным смыслом профессиональных знаний, умений и навыков, определяющая личность инженера-профессионала.

Несмотря на существенную разницу в деталях, авторы сходятся в убеждённости, что хорошую инженерную подготовку можно получить только «прошивая» обучение реальной инженерной деятельностью, причём не элементами её, не отдельными конструкциями, а опытом доведения продукта от задумки до востребованного в реальной жизни результата. В то же время требования к

организации этой деятельности до конца не сформированы. А это, на наш взгляд, имеет существенное значение. Для того чтобы данные требования описать, нужно ещё раз вернуться к причинам низкой эффективности подготовки инженеров.

В чём причины низкой эффективности инженерной подготовки?

Чтобы вскрыть главные причины несоответствия качества инженерной подготовки современному уровню научно-технического прогресса, нужно в первую очередь ответить на два ключевых вопроса, содержащихся в фразе: «Образование – это то, что остаётся после того, как выпускник университета забыл всё, чему его учили». Первый вопрос: «Почему выпускник университета “забывает” всё, чему его учили?» Ответ на него, очевидно, связан с механизмом запоминания материала.

Подготовка инженеров сегодня выглядит следующим образом: преподаватели на лекциях излагают теоретический материал, дают сведения о новой технике, технологиях и проводят тренинг со студентами при решении абстрактных задач. Студент «загружает» материал в свою память, часто успешно излагает его на зачётах и экзаменах, *но реально не «воспроизводит» способы действий, которые могли бы стать в дальнейшем инженерными навыками.* Большая часть зафиксированного в памяти материала остаётся невостребованной, во всяком случае – для конкретных инженерных решений в дальнейшей профессиональной жизни. Как правило, студент осваивает определённый объём знаний с целью сдать зачёты и экзамены, а не создать инженерный продукт. Поэтому он и не может воспроизвести полученные знания в новом контексте для достижения принципиально новых целей. Имеющаяся психологическая установка на успешное решение учебных задач, а нередко – просто на получение положительной оценки на экзамене не может использоваться для целей, отличных от тех, для которых

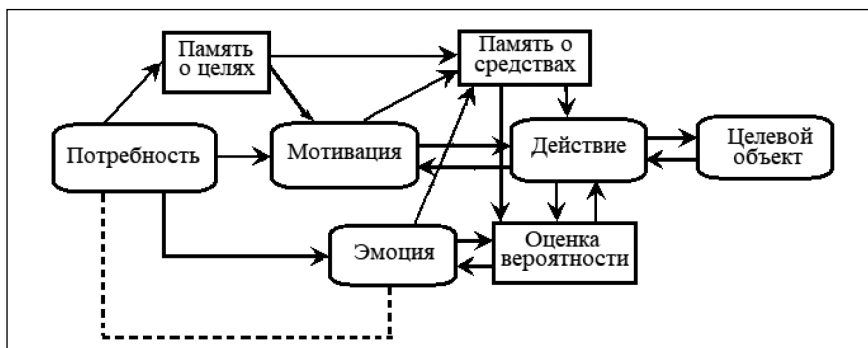


Рис. 1. Структура потребностно-мотивационного состояния личности (П.В. Симонов)

она формировалась [10]. Отсюда при прекращении обучения в университете нужда в них отпадает.

Для формирования инженерных навыков нужно обладать инструментами их реализации, что в предложенной П.В. Симоновым структуре потребностно-мотивационного состояния личности (Рис. 1) обозначается как «память о средствах» [11].

Студенту такой инструментарий часто недоступен, поскольку на пороге университета он не обладает способами совершения инженерных операций, а в период обучения не имеет возможности их приобретения. При информационной технологии обучения, основанной на принципах дидактики Я.А. Коменского, об этом может не знать и преподаватель, поскольку один из принципов такой дидактики формулируется так: «один предмет – один преподаватель» [12], в то время как инженерные компетенции находятся в межпредметном поле. Объединение столь сложной информации возможно в практической подготовке студента. Но для этого преподавателю самому нужно пройти через соответствующую инженерную деятельность (а точнее, через научную, инженерную и педагогическую деятельность в комплексе) и уметь проектировать учебный процесс с учётом именно этого практического опыта. Сегодня такое наставничество является скорее экзотикой, чем правилом.

Второй ключевой вопрос: «Что же остаётся, когда выпускник забывает всё то, чему его

учили?» Безусловно, учёба в университете не проходит даром. Студент осваивает методологию познания нового материала, учится находить полезную для достижения его цели информацию, делать по требованию преподавателя чертёж согласно поставленным условиям и т.д., и т.п. Всё это фиксируется в памяти, являясь основой для более сложных навыков, которые в будущем смогут ему помочь включиться в инженерную деятельность и стать инженером, но только после дополнительного обучения на рабочем месте. Однако главным в приобретении навыка является его начальное воспроизведение в процессе активной деятельности личности. В рамках инженерной подготовки в университете студентом, как правило, не воспроизводится активность, адекватная его будущей профессиональной деятельности. Поэтому при всей сформированности отдельных навыков студент не имеет главного, сквозного метанавыка – умения организации, построения инженерной деятельности и достижения реального результата. Именно в этом заключается основная причина претензий работодателей к молодым специалистам, приходящим на производство.

Важно также отметить, что традиционно построенная учебная деятельность никоим образом не способствует развитию у студентов изобретательских способностей. Действительно, существующая ныне технология обучения часто подавляет развитие у студентов способности к созданию нового

продукта. Нередко мы даже встречаемся с убеждённой, что научить изобретать в принципе невозможно, потому что этот процесс зависит только от соответствующих способностей личности и носит скорее случайный характер.

Какой должна быть модель инженерной подготовки?

На наш взгляд, основой новой модели инженерной подготовки должна стать деятельность студента, выступающая в качестве учебного аналога настоящей инновационной инженерной деятельности. Эта деятельность должна способствовать развитию у будущих инженеров прежде всего изобретательских способностей. Для этого необходима целенаправленная работа студента как по овладению отдельными ментальными действиями – приёмами поиска новых решений, так и по проектированию своих индивидуальных способов решения технических задач. В качестве эффективного примера тренировки изобретательских навыков можно привести метод ТРИЗ, разработанный Г.С. Альтшуллером [13]. Его использование означает следование предложенной логической структуре ментальных действий/этапов, которые характерны для генерации практически любого технического решения. Это позволяет оптимизировать мыслительный процесс, а следовательно, повысить его эффективность. При многократных положительных результатах поиска технических решений, как показывает опыт, формируется «ментальный механизм», упрощающий в дальнейшем поиск новых решений. Иными словами, когда техническое решение успешно генерируется личностью и успех достигается ею многократно в разных изобретениях, формируется развитая способность к изобретательской деятельности.

Ключевым фактором в подготовке инженеров-разработчиков инновационной техники является наличие у обучающегося соответствующей мотивации. Здесь сегодня наблюдаются серьёзная проблема: среди

целей поступления в университет в опросах студенты практически не указывают позицию «получить знания». Мотивация обучения у них также связана, как правило, лишь с успешной сдачей зачётов и экзаменов. Между тем изобретательская мотивация базируется именно на потребности получения знаний. Можно уверенно утверждать, что, не решив вопрос с мотивацией, нельзя создать эффективную технологию подготовки инженеров. Ведь известно, что только в результате деятельности, особенно если она успешная, потребность приобретает свою предметность, а целевой объект – свою побудительную и направляющую функцию, т.е. становится мотивом [14]. Грамотно спроектированный процесс обучения в рамках реального инженерного проекта способствует появлению у студентов интереса к творческому процессу, стремления достигнуть лучших результатов, формируя, таким образом, мотивацию, релевантную инженерной деятельности. В качестве дополнительных эффективных инструментов формирования такой мотивации могут выступать также красота и перспективность инженерной задачи, творческая атмосфера в группе, включающая в себя внимание к личности и её вкладу в результаты проекта, различные формы психологической поддержки студентов. Как показывает опыт, выбор преподавателем инструментария для формирования мотивации студентов, безусловно, зависит от многих причин, в том числе и от личностных особенностей членов студенческой группы, уровня их стартовой подготовки, характера выполняемой работы и ряда других обстоятельств.

Следует отметить, что учебная деятельность, максимально встроенная в процесс решения инженерных задач, требует новых подходов к дидактике, в том числе – на пути разработки инженерной педагогики [15]. Организация групповой работы студентов над проектом должна приближаться к технологиям работы проектировочных коллективов – создателей новой техники. Именно поэтому учебный инженерный проект на

всех основных стадиях должен выполнять-ся при непосредственном участии преподавателя (наставника), способного «визуализировать» для студента инженерную деятельность, что к тому же позволит ему воспроизводить «способности и функции», характерные для профессии инженера. При этом преподаватель выполняет функции главного проектировщика, что приближает учебную ситуацию к обстоятельствам действительного проектировочного процесса. Поскольку именно наставник должен организовывать деятельность студента по созданию принципиально новых технических решений, к нему предъявляются дополнительные требования: он должен быть изобретателем, т.е. иметь опыт соответствующей деятельности, владеть методологией создания изобретений, методикой развития изобретательских способностей, в целом понимать процессы, лежащие в основе формирования новых способов достижения результатов.

Заключение

Подготовка инженеров сегодня нуждается в существенной перестройке, направленной не только на сближение её с реальной инженерной деятельностью, на усиление практической ориентированности и связи с индустрией, но и на удержание в фокусе внимания подлинного творческого смысла инженерного труда, суть которого – в создании нового востребованного продукта. Без решения данной задачи подготовить специалиста, способного создавать принципиально новые направления в области инженерной науки и техники, невозможно.

Литература

1. *Марквардт К.Г.* Развивающая система подготовки специалистов. М.: Знание, 1981. 35 с.
2. *Вербичский А.А.* Активное обучение в высшей школе: контекстный подход. Методическое пособие. М.: Высшая школа, 1991. 207 с.
3. *Sysoev A.A.* The Imitation of Professional Activity in the Process of Student Training is the Future of University Education // International Conference on Engineering Education. Moscow, May 23–25, 1995: Abstracts, p. 17.
4. *Sysoev A.A., Vesna E.B.* Novel Approach to the Formation of the Engineering Skills of Students // TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology – December 2016, Special Issue for INTE, 2016. P. 148–152.
5. *Sysoev A.A., Vesna E.B.* Role of Psychological Factors in New Technology of Design Engineer Education // Procedia – Social and Behavioral Sciences. 2014. No. 128. P. 469–474.
6. *Johnson L., Adams S., Cummins M., Estrada V.* (2012). Technology Outlook for STEM+ Education 2012–2017: An NMC Horizon Report Sector Analysis. Austin, Texas: The New Media Consortium.
7. *Bybee R.W.* (2010). What Is STEM Education? // Science. Vol. 329. No. 5995. P. 996–996. DOI: 10.1126/science.1194998
8. Переосмысление инженерного образования. Подход CDIO / Э.Ф. Кроули, Й. Малмквист, С. Остлунд, Д.Р. Бродер, К. Эдстрем; пер. с англ. С. Рыбушкиной; под науч. ред. А. Чучалина. М.: Изд. дом ВШЭ, 2015. 504 с.
9. Всемирная инициатива CDIO. Стандарты. Информационно-методическое издание / Пер. с англ. и ред. А.И. Чучалина, Т.С. Петровской, Е.С. Кулюкиной. Томск: Изд-во Томского политехн. ун-та, 2011. 17 с.
10. *Александров Ю.А.* Психофизиологические закономерности научения и методы обучения // Психологический журнал. 2012. Т. 33. № 6. С. 5–19.
11. *Симонов П.В.* Эмоциональный мозг. Физиология. Нейроанатомия. Психология эмоций. М.: Наука, 1981. 216 с.
12. *Коменский Я.А.* Великая Дидактика // Избр. педаг. сочинения. М.: Учпедгиз, 1955. 655 с.
13. *Альтишуллер Г.С.* Найти идею. Введение в теорию решения изобретательских задач. М.: Альпина Паблишерз, 2011. 400 с.
14. *Леонтьев А.Н.* Деятельность. Сознание, Личность. М.: Политиздат, 1975. 303 с.
15. *Иванов В.Г., Сазонова З.С. Сапунов М.Б.* Инженерная педагогика: попытка типологии. Высшее образование в России. 2017. № 8/9. С. 33–42.

Статья поступила в редакцию 21.03.19

После доработки 09.06.19

Принята к публикации 18.06.19

About a New Model of Engineering Training

Alexander A. Sysoev – Dr. Sci. (Phys. and math.), Prof., e-mail: sysoev@mephi.ru

Elena B. Vesna – Dr. Sci. (Psychology), Prof., Vice-rector, e-mail: EBVesna@mephi.ru

National Research Nuclear University MEPhI, Moscow, Russia

Address: 31, Kashirskoye shosse, Moscow, 115409, Russian Federation

Yuriy I. Aleksandrov – Dr. Sci. (Psychology), Prof., Corresponding Member of Russian academy of education, e-mail: yuraalexandrov@yandex.ru

Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences (RAS), Moscow, Russia

Address: 13, Yaroslavskaya str., Moscow, 129366, Russian Federation

Moscow State University of Psychology and Education, Moscow, Russia

Address: 29, Sretenka str., Moscow, 127051, Russian Federation

Abstract. The aim of the article is to present a model of training engineers based on new approaches to engineering education, taking into account the modern achievements of psychology.

The authors believe that the main reason for the insufficient level of engineering training is the discrepancy between the essence of the knowledge transferred to students (both form and content) to the specifics of engineering activity. Therefore, the most important task is to eliminate this contradiction. The basis of the proposed model of engineering training is the design of the educational process in the logic of engineering process in the development of innovative technology. This learning technology called “Simulation-Activity Technology of Engineering Training” (SATET) has been developed and tested at the National Research Nuclear University MEPhI in training engineers-developers of innovative technology. The foundations laid in the proposed technology of engineering training, and the mechanisms for its implementation can be considered as a start for the development of a new paradigm of training engineers.

Keywords: engineering education, engineering skills, Simulation-Activity Technology of Engineering Training, inventive creativity, motivation

Cite as: Sysoev, A.A., Vesna, E.B., Aleksandrov, Yu.I. (2019). About a New Model of Engineering Training. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 28. No. 7, pp. 94-101. (In Russ., abstract in Eng.)

DOI: <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2019-28-7-94-101>

References

1. Markvardt, K.G. (1981). *Razvivaushchaya sistema podgotovki spetsialistov* [Developing the System of Training of Specialists]. Moscow: Znanie Publ., 35 p. (In Russ.)
2. Verbitsky, A.A. (1991). *Aktivnoe obuchenie v vysshey shkole: kontekstnyi podkhoz: metod. posobie* [Active Education in Higher School: Contextual Approach: Textbook]. Moscow: Vysshaya shkola Publ., 207 p. (In Russ.)
3. Sysoev, A.A. (1995). The Imitation of Professional Activity in the Process of Student Training is the Future of University Education. *International Conference on Engineering Education*, May 23-25, Moscow: Abstracts, p. 17.
4. Sysoev, A.A., Vesna, E.B. (2016). Novel Approach to the Formation of the Engineering Skills of Students. *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology*. December, Special Issue for INTE 2016, pp. 148-152.
5. Sysoev, A.A., Vesna E.B. (2014). Role of Psychological Factors in New Technology of Design Engineer Education. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. No. 128, pp. 469-474.

6. Johnson, L., Adams, S., Cummins, M., Estrada, V. (2012). *Technology Outlook for STEM+ Education 2012–2017: An NMC Horizon Report Sector Analysis*. Austin, Texas: The New Media Consortium.
7. Bybee, R.W. (2010). "What is STEM Education?" *Science*. Vol. 329, no. 5995, pp. 996–996. DOI: 10.1126 / science.1194998
8. Crawley, E., Malmqvist, J., Ostlund, S., Brodeur, D., Edström, K. (2014). *Rethinking Engineering Education, the CDIO Approach*. 2nd ed. Springer. 286 p. (Russian translation: Moscow: HSE Publ., 2014, 504 p.)
9. *Vsemirnaya initsiativa CDIO. Standarty. Inforvatsionno-metodicheskoe izdanie*. (2011). [World Initiative of CDIO. Standards. Informational and Methodical Publication.] Eds: Chuchalin, A.I., Petrovskaya, T.S., Kulyukina, E.S. Tomsk: Tomsk Polytechnic Univ. Publ., 17 p. (In Russ.)
10. Aleksandrov, Yu.A. (2012). [Psychophysiological Regularities of Learning and Methods of Teaching]. *Psikhologicheskii zhurnal = Psychological Journal*. Vol. 33, no. 6, pp. 5–19. (In Russ., abstract in Eng.)
11. Simonov, P.V. (1981) *Emotsionalnyi mozg. Fiziologiya. Neyroanatomya. Psikhologiya emotiy* [Emotional Brain. Physiology. Neuroanatomy. Psychology of Emotions]. Moscow: Nauka Publ., 216 p. (In Russ.)
12. Comenius, J.A. (1955). *Velikaya didaktika. Izbrannnye pedagogicheskie sochineniya* [Great Didactic. Selected Pedagogical Works]. Moscow, Uchpedgiz Publ., 655 p. (In Russ.)
13. Altshuller, G.S. (2011). *Nayti ideyu. Vvedenie v teoriyu resheniya izobretatelskikh zadach* [Find an Idea. Introduction to the Theory of Inventive Problem Solving]. Moscow: Alpina Publishers, 400 p. (In Russ.)
14. Leontiev, A.N. (1975). *Deyatel'nost', soznanie, lichnost'*. [Activity. Consciousness. Personality]. Moscow: Politizdat Publ., 303 p. (In Russ.)
15. Ivanov, V.G., Sazonova, Z.S., Sapunov, M.B. (2017). Engineering Pedagogy: Facing Typology Challenges. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. No. 8/9, pp. 33–42. (In Russ., abstract in Eng.)

The paper was submitted 21.03.19

Received after reworking 09.06.19

Accepted for publication 18.06.19