

ИНЖЕНЕРНАЯ ПЕДАГОГИКА

ТЕХНОЛОГИЯ СКВОЗНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ПОДГОТОВКЕ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ

ИСАЕВ Александр Петрович – д-р экон. наук, доцент, проф. кафедры «Системы управления энергетикой и промышленными предприятиями». E-mail: ap_isaev@mail.ru

ПЛОТНИКОВ Леонид Валерьевич – канд. техн. наук, доцент, кафедра «Турбины и двигатели». E-mail: leonplot@mail.ru

ФОМИН Никита Игоревич – ст. преподаватель кафедры «Промышленное, гражданское строительство и экспертиза недвижимости». E-mail: nnimoff@mail.ru

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

Адрес: 620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19

***Аннотация.** В статье рассматривается авторская технология сквозного междисциплинарного проектирования как комплекса методик обучения, обеспечивающего существенное повышение практико-ориентированности образовательного процесса. Сформулировано авторское понимание и определение разработанной технологии обучения. Показаны этапы, методические инструменты и процедуры, составляющие основу разработанной технологии в учебном процессе высшей инженерной школы УрФУ для подготовки выпускников бакалавриата. Приведена организационная модель технологии сквозного проектирования, из которой видны её интегрирующие функции в построении и реализации всей образовательной программы. Проведен анализ характеристик учебной деятельности студентов, а также представлены промежуточные результаты применения указанной технологии в учебном процессе.*

***Ключевые слова:** сквозное проектирование, технология сквозного междисциплинарного проектирования, практико-ориентированное обучение, полный жизненный цикл изделия, учебно-проектная деятельность, образовательная программа, результаты обучения*

***Для цитирования:** 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.*

Техническое перевооружение существующих производств и создание новых высокотехнологичных компаний – основа модернизации и развития экономики России [1]. Для реализации этой масштабной задачи нужны квалифицированные инженерные кадры, способные генерировать новые идеи, преобразовывать их в конструкторские и технологические решения, решать производственные задачи и доводить проекты до коммерческого результата.

Отсюда вытекают требования к подготовке системных инженеров и руководителей инженерных проектов. Они должны владеть достаточно широким диапазоном инженер-

ных, научно-прикладных и экономических компетенций, включающим междисциплинарные и управленческие знания, чтобы использовать их в проектировании и внедрении инновационных технических систем. При традиционном подходе к инженерной подготовке такие способности у выпускников фактически не формируются. В проведённом авторами исследовании установлено, что большинству молодых инженеров, занимающихся проектно-конструкторской деятельностью, не хватает междисциплинарных знаний и у них слабо сформированы такие компетенции, как «разработка и оформление технического задания на изделие», «оптимизация траек-

тории решения проектно-конструкторской задачи», «разработка программ и методик испытаний проектируемых изделий», «обеспечение безопасности проектируемого изделия», «функционально-стоимостной анализ проектируемого изделия», «осуществление проектирования на основе требований нормативной базы», и ряд других.

Причины такого положения хорошо известны, они в целом связаны с тем, что современное российское инженерное образование снижает системность и перестаёт ориентироваться на полный жизненный цикл инновационного изделия [2–4]. Для устранения данных недостатков необходимы новые подходы к обучению, которые соответствуют современным требованиям научно-технического и технологического развития [5–7].

Одним из перспективных методов подготовки инженеров является сквозное проектирование. Метод сквозного проектирования достаточно активно используется в отечественных вузах, осуществляющих подготовку бакалавров и магистров по инженерно-техническим профилям. Наиболее часто он применяется в образовательном процессе по направлениям «Строительство» [8–10]; «Машиностроение» [11–14]; «Приборостроение и электроника» [15; 16]. В указанных публикациях реализация сквозного проектирования, как правило, представляет собой выполнение студентами комплексного проектного задания на протяжении нескольких семестров (от двух до пяти). Комплексное задание содержит несколько взаимосвязанных локальных заданий, которые студенты выполняют в рамках курсового проектирования по отдельным дисциплинам. В последнем семестре студенты комбинируют полученные результаты и защищают их в качестве своей выпускной квалификационной работы. В связи с этим ряд авторов отмечают необходимость корректировки учебного плана для оптимизации последовательной реализации необходимых курсовых проектов и совместной работы ряда кафедр

по разработке комплексного проектного задания [9; 10]. Кроме того, методика сквозного проектирования используется не только в основном образовательном процессе вузов, но и в студенческих кружках и клубах [11]. Таким образом, сквозное проектирование в распространённой практике его применения – это метод обучения, построенный на основе комплексного проектного задания, которое в основном используется как средство создания связи между курсовыми проектами. Оно реализуется как в индивидуальной, так и в групповой форме учебной работы, обеспечивается традиционными методиками и создает основу для выполнения выпускной квалификационной работы.

В рассмотренном опыте реализованы не все возможности сквозного проектирования. По мнению авторов, основная идея сквозного проектирования в учебном процессе вуза заключается в том, чтобы сделать проектную деятельность основным методом обучения, а её содержание – стержнем практической взаимосвязи разных дисциплин образовательной программы с выделением междисциплинарного содержания профессиональной подготовки. Максимальный эффект в реализации такого понимания сквозного проектирования достигается лишь при создании соответствующей образовательной технологии. Технологию сквозного проектирования предлагается рассматривать как совокупность методик, способов и средств организации учебно-проектной деятельности студентов и одновременно – оптимизацию структуры и содержания образовательной программы, которые во взаимосвязи обеспечивают овладение содержанием учебных дисциплин и междисциплинарным процессом проектирования полного жизненного цикла технических систем, соответствующих профилю подготовки. Данная совокупность методик, способов и средств организации учебно-проектной деятельности студентов объединена общей логикой и имеет определённую последовательность, позволяющую с высокой вероятностью достигать заданных результатов обучения.

Для организации высокоэффективной учебно-проектной деятельности необходимо, чтобы сквозной проект стал системообразующим стержнем образовательной программы. При этом отдельные этапы и составляющие сквозного проектирования должны включать в себя проектные задания по большинству дисциплин, а также курсовые проекты и междисциплинарные проекты по учебным модулям. Кроме того, логика и содержание сквозного проектирования должны определять структуру и содержание образовательной программы, а также учебный план и график её реализации. Данная задача является наиболее сложной в создании данной технологии, потому что требует кардинального изменения традиционных подходов к разработке вузовских образовательных программ разного уровня (бакалавриата, специалитета и магистратуры).

Технология сквозного междисциплинарного проектирования (СМП) была разработана¹ для оригинальной образовательной программы инженерного бакалавриата по направлению «Системный анализ и управление» по профилю проектно-конструкторской деятельности в высшей инженерной школе Уральского федерального университета. Разработка технологии СМП представляет собой интеграцию двух встречных процессов: 1) формирование плана проектной деятельности студентов, результаты которой соответствуют компетентностной модели выпускника; 2) формирование образовательной программы, включая её учебный план и график реализации, позволяющей осуществить сквозное проектирование с максимальными результатами проектной деятельности и обучения в целом. Логика и состав действий решения данной задачи представлены на *рисунке 1*.

Междисциплинарность технологии сквозного проектирования выражается в

организации работы студентов, направленной на анализ и выявление различных взаимосвязей в содержании дисциплин учебного плана, которые используются для разработки сквозного проекта. Эта работа выполняется в виде отдельных проектных заданий, а также при разработке междисциплинарных проектов по учебным модулям. Анализ и выявление взаимосвязей между содержанием разных дисциплин студенты используют для разработки эффективных проектных решений на разных этапах СМП. Для этого рассматриваются не только отношения между техническими, естественнонаучными и технологическими учебными курсами, но и их взаимодействия с экономическими, управленческими, психологическими, эргономическими и другими дисциплинами.

Основу разработанной технологии сквозного междисциплинарного проектирования составляет комплекс следующих методических инструментов и процедур, регулирующих проектную и учебную деятельность студентов.

1. Постановка задачи сквозного проектирования и требований к её результату.

2. Учебное техническое задание на разработку СМП, которое корректируется в ходе совместной работы студента и преподавателя в течение всего периода его выполнения. Оно включает этапы разработки сквозного проекта с комплексом проектных заданий и заданий на работу с учебными дисциплинами, содержание которых необходимо для их выполнения.

3. Требования к защите промежуточных результатов сквозного проектирования, включая курсовые проекты и междисциплинарные проекты по учебным модулям, входящие в состав сквозного проекта.

4. Методические рекомендации по реализации результатов отдельных этапов проектирования в виде опытных образцов из макетных и конструкционных материалов.

5. Консультация квалифицированных инженеров-конструкторов, работающих на производстве, на всех этапах разработки сквозного проекта.

¹ В разработке технологии сквозного проектирования и основных модулей образовательной программы бакалавриата, кроме авторов статьи, принимали участие А.М. Козубский, А.А. Орешкин, Г.Г. Суханов, В.О. Фурин.

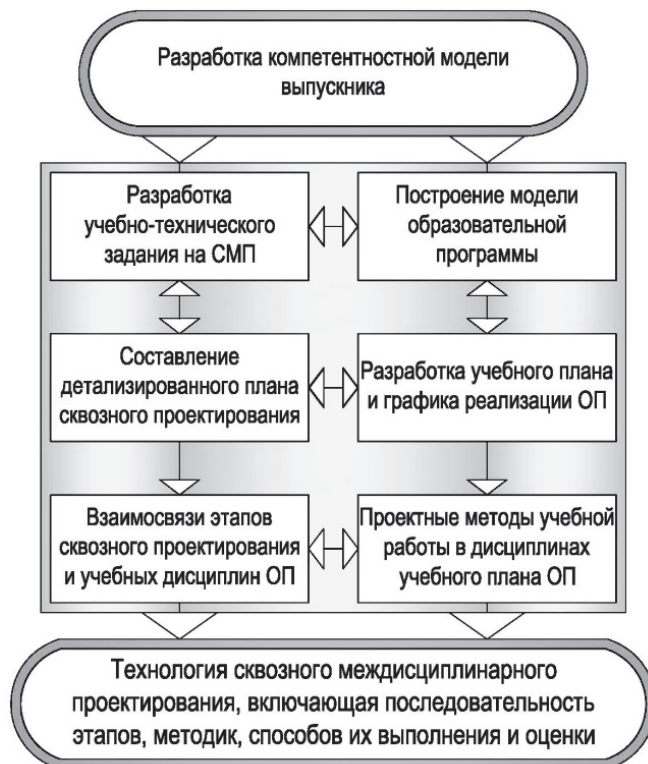


Рис. 1. Процесс разработки технологии сквозного междисциплинарного проектирования, где ОП – образовательная программа

6. Итоговая презентация комплекса основных результатов сквозного проектирования, полученных на основных его этапах, отражающая полный жизненный цикл разработанной технической системы.

7. Адаптация сквозного проекта к требованиям выпускной квалификационной работы и её публичная защита.

Для организации и осуществления сквозного проектирования по данной технологии разработан специальный практико-ориентированный учебный курс «Учебно-производственный практикум» общей трудоёмкостью 18 зачетных единиц, который продолжается с первого по восьмой семестр. Программа практикума построена в соответствии с технологией СМП [17]. В высшей инженерной школе УрФУ для него создана материально-техническая база, включающая современное оборудование высокотехнологичного маши-

ностроительного производства. Структура технологии СМП и её интегрирующие функции в образовательной программе показаны на *рисунке 2*.

Как видно из *рисунка 2*, сквозное проектирование обеспечивает двухсторонний встречный процесс между проектной и учебно-познавательной деятельностью студентов на всех его этапах. В работе над сквозным проектом учебно-практическая деятельность студентов организуется таким образом, чтобы решаемые в нем инженерные задачи максимально проецировались на содержание учебных дисциплин, изучаемых студентами параллельно. С другой стороны, учебная работа при изучении большинства дисциплин организуется таким образом, чтобы обеспечить студентам возможность успешно решать задачи сквозного проекта. Таким образом, освоение образовательной

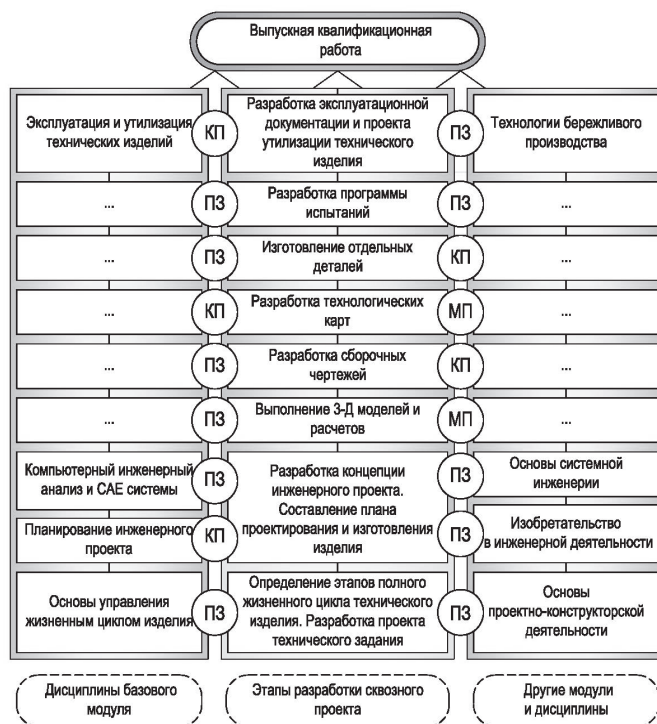


Рис. 2. Организационная модель технологии сквозного междисциплинарного проектирования, где ПЗ – проектное задание; КП – курсовой проект; МП – междисциплинарный проект по учебному модулю

программы является не только подготовкой к будущей деятельности, но и ключевым условием решения практических инженерных задач, которые студенты выполняют в процессе разработки сквозного проекта.

Для реализации такого подхода к работе над сквозным проектом в качестве консультантов привлечены квалифицированные инженеры конструкторских и инжиниринговых организаций, которые с определённой регулярностью (один раз в две-три недели) участвуют в оценке и обсуждении результатов выполненного студентами проектирования.

Анализ реализации технологии СМП показывает, что в результате её применения организуется учебно-проектная деятельность, которая:

1) обеспечивает создание проекта *реальной технической системы*, актуальной для какой-либо отрасли;

2) составляет стержень образовательного процесса, *интегрируя содержание образовательной программы* и определяя основной вектор профессиональной подготовки;

3) включает выполнение всех этапов создания новой технической системы (изделия, объекта, процесса), тем самым обеспечивая проектирование её *полного жизненного цикла*;

4) *активизирует междисциплинарный процесс* использования знаний разных дисциплин и их взаимосвязей, обеспечивающий формирование профессиональных компетенций выпускника;

5) сближает учебную и профессиональную деятельность инженера как комплекс разных видов *индивидуальных и коллективных действий*, направленных на конкретный результат;

6) *реализует идеологию CDIO*, направленную на подготовку всесторонне образованных

инженеров, способных планировать, проектировать, производить и применять сложные инженерные системы и осуществлять процессы с высокой добавленной стоимостью;

7) определяет *актуальную практико-ориентированную тему выпускной квалификационной работы* и обеспечивает более высокое качество её содержания;

8) формирует *созидательное мировоззрение выпускника* с осознанием ответственности за жизненную среду человека.

При применении технологии СМП становление инженера-конструктора идёт достаточно динамично, что видно по следующим результатам обучения. Уже во втором семестре студенты способны:

- определять содержание этапов полного жизненного цикла изделия и планировать этапы инженерного проекта;

- успешно работать в команде, используя конструктивные способы взаимодействия, предотвращающие возникновение конфликтов;

- создавать функциональную модель проектируемого изделия из макетных материалов;

- осуществлять твердотельное и математическое моделирование при разработке конструкторской документации;

- структурировать информацию в виде схем, таблиц, рисунков, графиков и критерийных зависимостей.

В четвёртом семестре студенты самостоятельно:

- осуществляют подготовку научно-технических отчетов, обзоров, отзывов и заключений в соответствии с требованиями инженерной задачи;

- выбирают основные конструктивные и технологические характеристики изделия и аргументируют их выполненными расчётами;

- применяют нормативные требования в конструкторской работе;

- анализируют требования эксплуатационной среды в процессе подготовки технических решений;

- готовят технико-экономическое обоснование на разрабатываемое изделие;

- учитывают имеющиеся технологические возможности при принятии проектных решений.

В конце второго курса студенты представляют отчёт о проделанной работе и защищают его перед комиссией, включающей преподавателей вуза, инженеров-консультантов и представителей промышленных предприятий.

Таким образом, сквозной междисциплинарный проект – это проект реальной технической системы, относящийся к области профессиональной подготовки студента, который планомерно разрабатывается им на протяжении всего периода обучения или значительной его части. При этом задачи проектной деятельности взаимосвязаны с результатами обучения, заданными в образовательной программе. Соответственно, содержание образовательной программы и её учебный план адаптируются под этапы сквозного проекта, а их задачи и содержание, в свою очередь, определяются в соответствии с возможностями оптимальной реализации образовательной программы. В результате формируется новая модель практико-ориентированной образовательной программы с приоритетом учебно-проектной деятельности. Выпускник данной программы, построенной на основе технологии сквозного междисциплинарного проектирования, не только знает и понимает содержание полного жизненного цикла технической системы, но и имеет опыт его реализации. Благодаря этому у него формируются профессиональные компетенции проектно-конструкторской и технологической деятельности, необходимые для создания нового изделия.

Литература

1. Похолков Ю.П., Кизеев В.М. Качество инженерного образования в России // АТИП-образование. 2011. № 3. С. 28–30.
2. Попова И.П. Образование и преемственность российских инженеров: новые вызовы, старые проблемы // Alma Mater (Вестник высшей школы). 2016. № 11. С. 3–8.

3. Профессионализм инженера-конструктора: анализ, оценка и совершенствование / А.П. Исаев, А.М. Козубский, Л.В. Плотников, Г.Г. Суханов, Н.И. Фомин, В.О. Фурин. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. 168 с.
4. Симоньянц Р.П. Проблемы инженерного образования и их решение с участием промышленности // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2014. № 3. С. 394–419.
5. Лукьяненко М.В., Полежаев О.А., Чуряева Н.П. Проблемы инженерного образования и перспективы развития выпускников на рабочем месте // Информатика, вычислительная техника и инженерное образование. 2012. № 1 (8). С. 42–49.
6. Тхагапсоев Х.Г., Яхутлов М.М. Проблемы инженерного образования в современной России: методология анализа и пути решения // Высшее образование в России. 2014. № 8–9. С. 27–36.
7. Rahman, N.A., Kofli, N.T., Takriff, M.S., Abdullah, S.R.S. Comparative Study between Open Ended Laboratory and Traditional Laboratory // IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON). 2011. P. 108–115.
8. Авадзни Ю.И., Витушкин А.Н., Жигадло А.П., Цветкова Е.В. Преимущества и достоинства технологии учебного сквозного проектирования для формирования профессиональных компетенций выпускников вуза // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2014. № 3 (37). С. 138–144.
9. Витушкин А.Н. Учебное сквозное проектирование. Омск: Изд-во СибАДИ, 2005. 225 с.
10. Ростовцев А.Н., Кульгина Л.А. Методические особенности реализации технологии сквозного курсового проектирования при подготовке бакалавров-строителей // Технологическое образование и устойчивое развитие региона. 2014. № 1–2. С. 29–35.
11. Гончаров К.О., Романов А.Д., Кулагин А.А., Романова Е.А. Внедрение технологии сквозного цифрового проектирования в рамках научно-исследовательской работы студентов и аспирантов // Современные проблемы образования и науки. 2014. № 6. С. 325–332.
12. Ермилов В.В. О методе сквозного курсового проектирования при подготовке специалистов направления 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» // Вестник Череповецкого государственного университета. 2016. № 1 (70). С. 91–94.
13. Заваляшин Ю.К., Денисова Н.А. Сквозное проектирование как цикл дисциплин машиностроительных специальностей вуза: из опыта работы // Системы проектирования технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD / CAM / PDM – 2012), 16–18 октября 2012 г. М.: Изд-во ООО «Аналитик», 2012. С. 266–269.
14. Hamid, R. Sustainable and Economical Open-Ended Project for Materials Technology Course Laboratory Work / R. Hamid, S. Baharom, M.R. Taha, A.A.A. Kasim // Procedia – Social and Behavioral Sciences. 2012. Vol. 60. P. 3–7.
15. Горячев Н.В., Юрьев Н.К. Опыт применения систем сквозного проектирования при подготовке выпускной квалификационной работы // Известия Пензенского государственного педагогического университета. 2011. № 26. С. 534–540.
16. Кисель Н.Н., Грищенко С.Г. Сквозное проектирование устройств при подготовке магистров // Методические вопросы преподавания инфокоммуникаций в высшей школе. 2014. № 3. С. 108–109.
17. Исаев А.П., Плотников Л.В. «Учебный инжиниринг» в контексте реализации идеологии CDIO // Высшее образование в России. 2016. № 12. С. 45–52.

Статья поступила в редакцию 27.03.17.

Принята к публикации 15.04.17.

TECHNOLOGY OF OPEN-ENDED ENGINEERING IN TRAINING OF ENGINEERS

Alexander P. ISAEV – Dr. Sci. (Economics), Prof., the Department «System energy management and industrial enterprises», e-mail: ap_isaev@mail.ru

Leonid V. PLOTNIKOV – Cand. Sci. (Engineering), Assoc. Prof., the Department «Turbine and engines», e-mail: leonplot@mail.ru

Nikita I. FOMIN – Senior teacher of the Department «Industrial, civil engineering and real estate expertise», e-mail: nnimoff@mail.ru

Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia.

Address: 19, Mira str., Ekaterinburg, 620002, Russian Federation

Abstract. The article presents the authors' technology of interdisciplinary open-ended engineering. This technology is an integrated teaching method that significantly increases the practical component in the educational program. It creates conditions to overcome the shortcomings in engineering education. The basic ideas of the technology of open-ended engineering, the experience of their implementation in higher education and the authors' vision of teaching technology are examined in the article. The paper highlights the main stages of development process of the technology of open-ended engineering to prepare students in higher school of engineering (Ural Federal University). As well as the complex of methodological tools and procedures. The presented organizational model of open-ended engineering technology integrates the functions of creation and implementation of all educational program. The authors analyze the characteristics of students' educational activity while implementing projects according to the technology of open-ended engineering and present the intermediate results of the application of the authors' technology in engineering education process of the undergraduate engineering students.

Keywords: open-ended engineering, technology of interdisciplinary open-ended engineering, practice-oriented training, full life cycle of a product, educational and project activities, educational program, learning outcomes

Cite as: 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 (In Russ., abstract in Eng.)

References

1. Pokholkov, Yu.P., Kizeev, V.M. (2011). [The Quality of Engineering Education in Russia]. *ATIP-obrazovanie* [ATIP-education]. No. 3, pp. 28-30. (In Russ., abstract in Eng.)
2. Popova, I.P. (2016). [Education and Continuity of Russian Engineers: New Challenges, Old Problems]. *Alma Mater (Vestnik vysshej shkoly)* = High school Herald. No. 11, pp. 3-8. (In Russ., abstract in Eng.)
3. Isaev, A.P., Kozubskii, A.M., Plotnikov, L.V., Suhanov, G.G., Fomin, N.I., Furin, V.O. (2015). *Professionalizm inzhenera-konstruktora: analiz, otsenka i sovershenstvovanie* [Professionalism of Design Engineer: Analysis, Evaluation, and Improvement]. Ekaterinburg: Ural Federal Univ. Publ., 168 p.
4. Simon'yants, R.P. (2014). [Problems of Engineering Education and Their Solutions with the Assistance of Industry]. *Nauka i obrazovanie: nauchnoe izdanie MGTU* [Science and Education: Scientific Publication of Bauman MSTU]. No. 3, pp. 394-419. (In Russ., abstract in Eng.)
5. Luk'yanenko, M.V., Polezhaev, O.A., Churlyayeva, N.P. (2012)/ [Problems of Engineering Education and Prospects of Graduates' Progress in the Workplace]. *Informatika, vychislitel'naya tekhnika i inzhenernoe obrazovanie* [Information, Computing and Engineering Education]. No. 1 (8), pp. 42-49. (In Russ., abstract in Eng.)
6. Tkhapapsoev, H.G., Yakhutlov, M.M. (2014). [Problems of Engineering Education in Modern Russia: Methodology of Analysis and Ways of Solving]. *Vysshee obrazovanie v Rossii* [Higher Education in Russia]. No. 8-9 (207), pp. 27-36. (In Russ., abstract in Eng.)
7. Rahman, N.A., Kofli, N.T., Takriff, M.S., Abdullah, S.R.S. (2011). Comparative Study between Open Ended Laboratory and Traditional Laboratory. *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, pp. 108-115.
8. Avadeni, Yu.I., Vitushkin, A.N., Zhigadlo, A.P., Tsvetkova, E.V. (2014). [The Benefits and Advantages of Technology Training Through Design for Development of Professional Skills of University Graduates]. *Vestnik Sibirskoi gosudarstvennoi avtomobil'no-dorozhnoi akademii* [Bulletin of Siberian State Automobile and Highway Academy]. No. 3 (37), pp. 138-144. (In Russ., abstract in Eng.)

9. Vitushkin, A.N. (2005). *Uchebnoe skvoznoe proektirovanie* [Learning through Open-ended Design]. Omsk: Siberian State Automobile and Highway Academy Publ., 225 p.
10. Rostovtsev, A.N., Kul'gina, L.A. (2014). [Methodical Features of Realization of Technology through Course Design for Preparation of Bachelors of Building]. *Tekhnologicheskoe obrazovanie i ustoychivoe razvitiye regiona* [Technology Education and Sustainable Development of a Region]. No. 1-2, pp. 29-35. (In Russ., abstract in Eng.)
11. Goncharov, K.O., Romanov, A.D., Kulagin, A.L., Romanova, E.A. (2014). [Introduction of Technology Open-ended Digital Design in the Research Work of Undergraduate and Postgraduate Students]. *Sovremennye problemy obrazovaniya i nauki* [Modern Problems of Education and Science]. No. 6, pp. 325-332. (In Russ., abstract in Eng.)
12. Ermilov, V.V. (2016). [About the Method of a Through-Course Design for Preparation of Specialists of Direction 23.05.01 "Land Transport and Technological Means"]. *Vestnik Cherepovetskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Cherepovets State University]. No. 1 (70), pp. 91-94. (In Russ., abstract in Eng.)
13. Zavalishin, Yu.K., Denisova, N.A. (2012). [Open-ended Design as a Cycle of Disciplines for Engineering Specialties: Experience of Work]. In: *Sistemy proektirovaniya tekhnologicheskoi podgotovki proizvodstva i upravleniya etapami zhiznennogo tsikla promyshlennogo produkta (CAD / CAM / PDM – 2012)* [Design System of Technological Preparation of Production and Management Process of the Life Cycle of an Industrial Product (CAD / CAM / PDM – 2012)]. Moscow: Analitik Publ. Pp. 266-269. (In Russ.)
14. Hamid, R., Baharom, S., Taha, M.R., Kasim, A.A.A. (2012). Sustainable and Economical Open-Ended Project for Materials Technology Course Laboratory Work. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. Vol. 60, pp. 3-7.
15. Goryachev, N.V., Yur'ev, N.K. (2011). [Experience of Application of Through-Design Systems in the Preparation of Final Qualifying Work]. *Izvestiya Penzenskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta* [Proceedings of Penza State Pedagogical University]. No. 26, pp. 534-540. (In Russ., abstract in Eng.)
16. Kisel', N.N., Grishchenko, S.G. (2014). [End-To-End Design of Devices in the Preparation of Masters]. *Metodicheskie voprosy prepodavaniya infokommunikatsii v vysshei shkole* [Methodical Questions of Teaching Information and Communication in Higher School]. No. 3, pp. 108-109. (In Russ., abstract in Eng.).
17. Isaev, A.P., Plotnikov, L.V. (2016). [«Educational Engineering» in the Context of the Implementation of the CLIO Ideology]. *Vysshee obrazovanie v Rossii* = Higher Education in Russia. No. 12 (207), pp. 45-52. (In Russ., abstract in Eng.)

The paper was submitted 27.03.17

Accepted for publication 15.04.17.