



МЕТОДИКИ ВКЛЮЧЕНИЯ ПРОЕКТНОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В УЧЕБНЫЕ ПРОГРАММЫ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ВУЗОВ. ОПЫТ РГПУ

Попова В. А.¹, кандидат технических наук, veraap1939@gmail.com
Пиотровская К. Р.¹, доктор педагогических наук, кандидат технических наук, доцент,
✉ krp62@mail.ru, orcid.org/0000-0003-2557-9461
Ларченкова Л. А.¹, доктор педагогических наук, доцент, larludmila@yandex.ru,
orcid.org/0000-0002-5353-938X
Ефимов И. П.¹, кандидат технических наук, igorp.efimov@gmail.com
Жданов Н. В.², магистрант, s-g-24@list.ru

¹Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена,
наб. реки Мойки, д. 48, 191186, Санкт-Петербург, Россия

²Институт Передовых производственных технологий Санкт-Петербургского политехнического
университета Петра Великого, ул. Политехническая, д. 21, 194021, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация

В статье обсуждаются проблемы, связанные с организацией инженерных практик и проектно-технологических производственных практик в педагогических вузах как на педагогических направлениях подготовки, так и на не педагогических направлениях подготовки, например, «Прикладная математика и информатика». Проводится сравнительный анализ трех разных методик организации практик на двух факультетах Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена и общеобразовательной школы г. Санкт-Петербурга.

Ключевые слова: виртуальные лаборатории, инженерный практикум, методы и средства обучения, инженерное творчество, 3D моделирование.

Цитирование: Попова В. А., Пиотровская К. Р., Ларченкова Л. А., Ефимов И. П., Жданов Н. В. Методики включения проектной инженерной деятельности в учебные программы педагогических вузов. Опыт РГПУ // Компьютерные инструменты в образовании. 2022. № 1. С. 97–106. doi: 10.32603/2071-2340-2022-1-97-106

1. ВВЕДЕНИЕ. ОБЩАЯ СИТУАЦИЯ В ОБРАЗОВАНИИ

Современные достижения в области техники и технологий предопределили все ускоряющийся темп изменений. Образование более других наук страдает от подобных трансформаций из-за своей природной инертности и консервативности. И, тем не менее, оно должно ускорять темп перемен. Оценка общей ситуации и рекомендации по её изменению проведены на основе анализа и обобщения материалов работ [1–6]. Чтобы избежать многословия мы специально дословно цитируем авторов проанализированных работ.

Ситуация с образованием в России и мире:

1. «Если российское образование не получит новый импульс к развитию, нас ждёт глубокое технологическое и научное отставание от всего цивилизованного мира» [1].
2. «В большинстве стран ОЭСР и в быстроразвивающихся странах Азии в ответ на новые вызовы были радикально изменены учебные планы школ, колледжей, вузов: теперь **в них не менее 30 % занимает проектная деятельность, специально развивающая социальные эмоциональные навыки — «навыки XXI века»** [1].
3. «Образование может выполнить свое *предназначение только при условии собственной трансформации, направленной на принципиальное **изменение содержания и структуры компонентов** системы образования» [2].*
4. «Кто будет готовить людей, которые будут способны строить школу совместности?» *Виталий Рубцов* [3].

Рекомендации для изменения ситуации:

1. «Подготовить программы педагогического образования с акцентом на практику» [1].
2. «Вместо административно-организационных форм — общности с обязательным включением в совместное решение задач самообразования» *Юрий Громько* [3].
3. «Обучение, в котором строится пробно-продуктивное или пробное действие, а не то, в котором строится **выполнение заранее заданного**» *Борис Эльконин* [3].
4. «**Не победим мы систему одномоментно**. А вот создавать прецеденты, на основании которых мы можем задать вектор развития, — можем» *Виктор Болотов* [3].

Итак, на первом месте в модернизации образования **кадры и содержание образования**. возможный путь эффективной подготовки кадров нового поколения видится через внедрение проектной инженерной деятельности в программы подготовки студентов педагогических вузов.

2. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЕКТНОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РОССИЙСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ПЕДАГОГИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ им. А. И. ГЕРЦЕНА

В Российском государственном педагогическом университете (РГПУ) им. А. И. Герцена организован и проведен пилотный проект, который позволяет **одновременно изменять содержание и готовить кадры для школ** без увеличения объема содержания курсов.

Основой проекта являлась проектная инженерная деятельность (проектирование, конструирование, управление устройством) [5]. Инженерия — целенаправленное использование знаний для создания технических устройств — рассматривается как один из способов замены дидактической модели образования деятельностной моделью, как метод развития понятийно-абстрактного мышления, метод формирования системного мышления учащихся [7]. Вместе с тем, как показал мониторинг 2020 года цифровой трансформации общеобразовательных организаций, такие типичные для инженерных проектов задачи как создание и программирование устройств с компьютерным управлением, создание и/или исполнение музыкальных произведений в цифровом формате, создание графических и трехмерных объектов, технологических прототипов редко используются в учебных задачах [4].

Это одна из причин выбора темы проекта — сложность и необходимость включения инженерии в подготовку будущих педагогов, а также использование при выполнении инженерных работ всех рекомендаций, перечисленных выше: групповой формы работы, совместного решения задачи, диалога в разных видах для поиска решения.

Коллектив, который выполнял проект, состоял из сотрудников Центра детского и молодежного инженерного творчества (ЦДМИТ), преподавателей кафедр методики обучения математике и информатике, и методики обучения физике. Это первый проект трех коллективов университета, он позволил объединить знания и умения исполнителей: в практической инженерной деятельности (ЦДМИТ) и педагогической (кафедры методики обучения математике и информатике и методики обучения физике).

В рамках проекта параллельно были проведены практикумы для трех независимых групп: студентов-математиков, студентов-физиков и школьников 8-х классов. Они стали для всех участников первым опытом реализации своей разработки в виде готового устройства. Работа в практикуме предполагала прохождение полного производственного цикла: от формулирования идеи проекта до изготовления изделия, подготовки презентации и выступления на итоговой конференции. Основные этапы инженерного практикума представлены на рисунке 1.

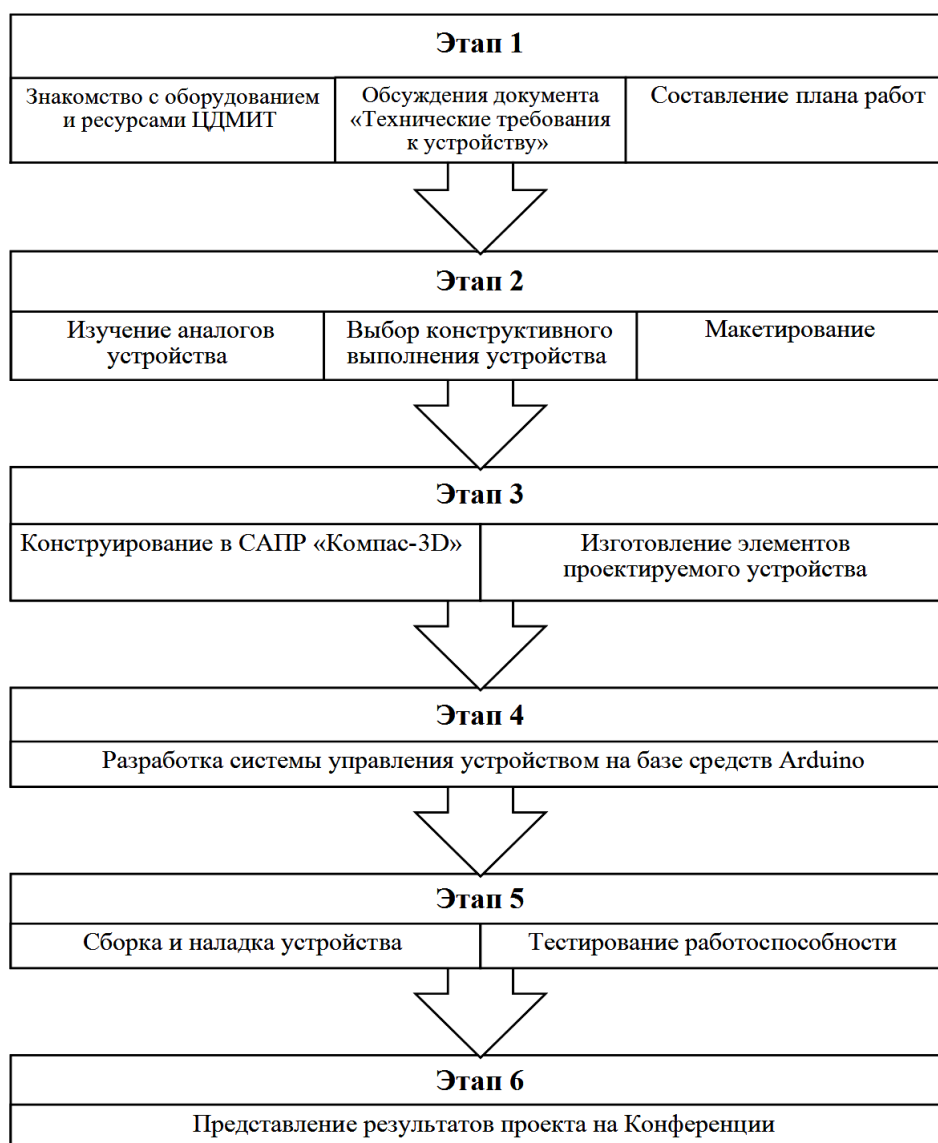


Рис. 1. Основные этапы инженерного практикума

2.1. Инженерный практикум студентов факультета математики

В инженерном практикуме приняли участие студенты 3 курса (17 человек), обучающиеся по образовательной программе «Прикладная математика и информатика». В начале 5-го семестра студенты в течение 2,5 месяцев (30 часов) в рамках лабораторного практикума по твердотельному 3D-моделированию в САПР «Компас»¹ получили первый опыт построения 3D-моделей различной сложности, генерации чертежей с моделей и сборки сложной модели. Последующая двухнедельная производственная практика, предусмотренная в программе занятий и осуществленная на базе ЦДМИТ РГПУ им. А. И. Герцена, позволила им впервые воплотить в изделия умения, полученные в рамках лабораторного практикума, что и составляло основную цель Инженерного практикума.

Проекты студентов факультета математики заключались, согласно заданным Техническим требованиям к разработке — ТТ (единых для всех участников), в разработке и изготовлении светильников (без системы управления) для сцены кукольного театра, создаваемого в ЦДМИТ (проект «I-Theater»). Основные инструменты для разработки и изготовления устройств: САПР «Компас-3D», станок для лазерной резки с ЧПУ VersaLaser VLS4.60, 3D-принтер MakerBot Replicator 2. В ресурсы практикума входили следующие стандартные для ЦДМИТ конструкционные материалы: фанера, оргстекло, картон (для макетирования), светодиодные ленты, материалы и инструменты для пайки.

Студенты самостоятельно разбились на 7 групп по 2–3 человека. Основной организационной формой обучения при проведении практики выступил «Перевернутый класс»: все работы, не требующие использования оборудования, проводились студентами вне ЦДМИТ. При этом были применены такие интерактивные образовательные технологии как обсуждение в группе, что особенно важно для студентов направления «Прикладная математика и информатика», обдумывание (внутренний диалог), работа с литературой (диалог с внешними носителями информации, в качестве которых чаще всего выступали Интернет-ресурсы). Под термином внешний диалог, вслед за Л. Л. Любимовым, мы понимаем «...диалог с любым носителем чужого сознания. Оно может быть представлено в различных знаковых системах — текстах: алфавиты, иероглифы, ноты, математические символы, образы/картинки и т. д. Любой читатель видит в тексте те смыслы, на которые заточены его задачи и интересы. Эти смыслы — мощный и важнейший источник инсайтов. Большинство открытий были следствием обнаружения в чужих текстах собственных смыслов» [6]. Во всех 7 группах участников были разработаны 7 различных (!) по назначению и возможностям конструкций светильников, имеющих каждый свою «изюминку», но полностью отвечающих Техническим требованиям.

В ЦДМИТ проводились регулярные обсуждения и проверка получаемых результатов (по инициативе студентов), макетирование, изготовление элементов изделий на станках (сотрудниками ЦДМИТ), сборка и наладка изделий, а также публичная защита проекта, включая написание подробного отчета. Отдельные моменты процесса разработки и готовые светильники приведены на рисунке 2.

2.2. Инженерный практикум студентов-физиков педагогического направления

Практикум проводился в рамках образовательной программы «Педагогическое образование. Физика» (кафедра методики преподавания физики, 3 курс, 5 семестр, общая численность 25 человек) и предполагал по одному занятию в неделю в течение 12 недель (36 часов) + 12 самостоятельных занятий (36 часов).

¹ Компас 3D — система трёхмерного моделирования. Официальный сайт компании URL: <https://kompas.ru/> [Электронный ресурс] (дата обращения 15.02.2022).



Рис. 2. Светильники для «I-Teater»: а) моделирование 3D и физическая корректировка; б) успешное тестирование изделия; в) готовые изделия

Основная цель инженерного практикума студентов–физиков заключалась в предоставлении им возможности познакомиться **со всеми этапами** проектирования и изготовления технических устройств с управлением и, при желании, изучить материал на таком уровне, чтобы выполнять инженерные проекты со школьниками (для этого в университете разработаны и утверждены специальные курсы дополнительного образования).

Студентам-физикам было предложено выполнить проекты достаточно сложных технических устройства с управлением, которые были объединены общей темой «Рок-концерт». Темы проектов: «Музыкальный центр», «Частотный анализатор», «Робот–гитарист», «Робот–барабанщик». Каждый проект выполнялся группой студентов по 6–7 человек. Движения роботов осуществляются тремя линейными двигателями с соответствующей кинематической передачей, которые управляются музыкальным центром через частотный анализатор. Последними также управляются музыкальное и световое сопровождение движений роботов.

Студенты-физики, к сожалению, не имели предварительной подготовки по используемым в ЦДМИТ инструментам разработки — ни по виртуальному конструктору САПР «Компас 3D», ни по реальному конструктору для создания системы управления устройства Arduino. Поэтому выполнение проектов априори требовало активного содействия кураторов. Все этапы проекта выполнялись по принципу «Узнал и сразу делаешь». Процесс и разработанные модели устройств представлены на рисунке 3.

2.3. Инженерный практикум со школьниками

ЦДМИТ имеет большой опыт проведения инженерного практикума со школьниками. Именно на базе этого опыта были подготовлены для ЦДМИТ кадры [9].

Работы со школьниками в формате инженерного практикума важны как для университета (подготовка педагогов–инженеров), так и для школ (расширение возможностей для формирования инновационного мышления детей, поскольку инженерное мышление фактически является его частным случаем). **Основная цель** практикума — пробудить / поддержать интерес к техническому творчеству (рисунок 4а, 4б). Это первое знакомство школьников с современными инженерными технологиями через активную практическую деятельность. Здесь задействованы «два диалектически связанных этапа мыслительной деятельности инноватора: 1) когнитивный — движение мысли

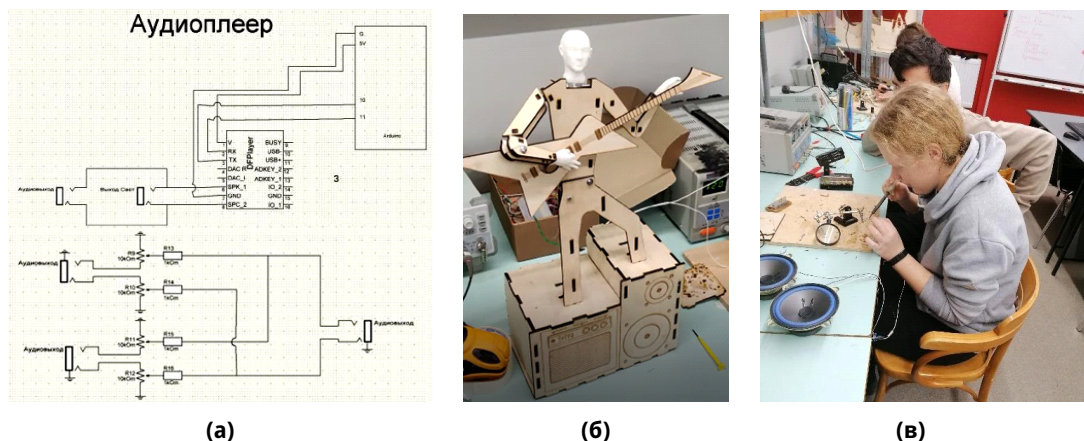


Рис. 3. Актеры «I-Theater»: а) электрическая схема музыкального центра; б) актер «гитарист»; в) сборка электроники музыкального центра

в процессе создания и постижения смысла нового знания путем внутренней рефлексии; 2) инструментальный — объективация и реализация нового знания в практической деятельности» [8]. Для студентов-кураторов важно осознать этот факт и использовать его в других ситуациях. Участие студентов и магистрантов в школьных проектах в качестве кураторов является хорошей школой для их будущего.

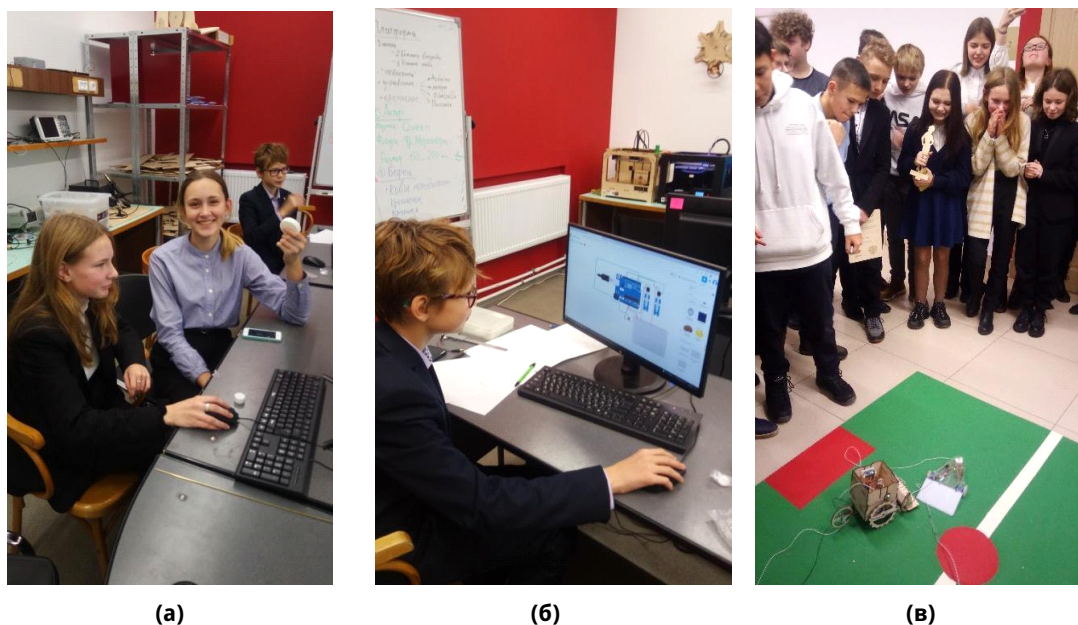


Рис. 4. а) моделирование в «Компас 3D» и изготовление деталей на 3D-принтере; б) моделирование схемы управления в ThinkerCad; в) финал — бои роботов «сумо»

Темы проектов школьников (8 классы) — роботы, управляемые со смартфона. Технические требования к устройствам одинаковые для всех 4-х групп (группа — полкласса), но внутри групп участники делились на несколько подгрупп, которым кураторы давали небольшие задания. Школьники с удовольствием работают при поддержке кураторов, и группы добиваются успеха. Если не все одинаково активны, возможно, этот трек не

для них. А вот организация соревнований (бои «сумо» в данном случае, рисунок 4в), интересна и полезна всем и всех завлекает.

3. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

Состав участников практикумов (студентов) — случайный, и благодаря весьма существенной разнице в их предварительной подготовке, появилась возможность сравнить её влияние на результаты, полученные в результате прохождения практикума.

Математикам, которые имели глубокую предварительную подготовку в части виртуального конструктора «Компас-3D», для которых инженерный практикум был организован в виде производственной практики с отрывом от остальных занятий, которые самостоятельно и грамотно разделились на очень маленькие группы (по числу лидеров!) и которые решали задачи только конструирования, практикум принес удовольствие и новые знания: впервые они довели собственную разработку до практического результата («непознанное» ранее!). Все устройства были выполнены точно в назначенный срок, все были работоспособны и, по существу, не потребовали доводки в дальнейшем. Высокая заинтересованность студентов в результативности проекта проявилась в том, что они практически каждый день приходили в Центр за консультациями, а творческий подход к работе — в том, что каждое устройство было индивидуальным. Кроме того, все студенты поддержали решение принять участие в X Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Формирование престижа профессии инженера у современных школьников», каждая группа подготовила статью по теме выполненного проекта, и все 7 статей были направлены в оргкомитет конференции. Необходимо заметить, что написание статей (первый опыт) потребовало значительных усилий от участников и что в дальнейшем следует обращать особое внимание на приобретение студентами навыков письменной речи.

Некоторое разочарование у студентов вызвало отсутствие возможности подключить управление устройствами, и они выразили надежду, что в 7 семестре смогут продолжить проектирование, но уже с использованием системы Arduino.

В группах физиков основную работу в каждой группе выполняли 2–3 человека, и им пришлось нелегко — технически сложные проекты (например разработка конструкции суставов руки гитариста), отсутствие теоретической базы по работе с системами Компас и Arduino (не предусмотрено программой обучения). Тем не менее (даже при сокращении времени практикума из-за Covid), макеты устройств были изготовлены, и их принципиальная работоспособность продемонстрирована, хотя, конечно, они требуют дополнительной доводки, как, впрочем, и любое сложное техническое устройство.

Итак, студенты-математики, получив достаточную подготовку по работе с Компасом, смогли самостоятельно придумать и изготовить стационарные устройства, но их желание научиться управлять ими пока не осуществлено. Студенты-физики скорее «пощупали», чем изучили даже основы разработки и изготовления устройств с управлением, смогут ли они изготавливать их самостоятельно — пока вопрос. Но они могут решить, хотят ли продолжить свое обучение в направлении инженерии или нет.

Еще один важный вопрос: «Кто будет готовить людей, которые будут способны строить школу совместности». В исследовании, проведенном в РГПУ, удалось найти специалистов с разными, но дополняющими друг друга знаниями (взгляд на одно и то же, но с разных сторон) и объединить их знания в процессе подготовки будущих учителей. Мы намерены развивать этот подход.

Список литературы

1. Кузьминов Я. И., Фрумин И. Д., Овчарова Л. Н. Двенадцать решений для нового образования: доклад Центра стратегических разработок и Высшей школы экономики // Материалы XIX Апрельской международной научной конференции по проблемам развития экономики и общества. Под ред. Я. И. Кузьминова, И. Д. Фрумина; Центр стратегических разработок. М.: Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики», 2018. 105 с.
2. Герасимов Г. И. От наук об образовании к науке образования // Гуманитарий Юга России. 2017. Т. 6, № 4. С. 275–290. doi: 10.23683/2227-8656.2017.4.26
3. Рубцов В. В., Лекторский В. А., Эльконин Б. Д., Асмолов А. Г., Кудрявцев В. Т., Фрумин И. Д., Громыко Ю. В., Болотов В. А., Лазарев В. С., Кравцов Г. Г., Кравцова Е. Е., Цукерман Г. А., Уразалиева Г. К., Ковалева Т. М. От совместного действия — к конструированию новых социальных общностей: Совместность. Творчество. Образование. Школа (Круглый стол методологического семинара под руководством В. В. Рубцова, Б. Д. Эльконина) // Культурно-историческая психология. 2018. Т. 14, № 3. С. 5–30. doi: 10.17759/chp.2018140301
4. Цифровая трансформация системы образования происходит хаотично // Учительская газета, 19 ноября 2020. [Электронный ресурс] URL: <https://ug.ru/czifrovaya-transformacziya-sistemy-obrazovaniya-proishodit-haotichno/> (дата обращения 24.03.2022).
5. Пучков М. Ю., Попова В. А., Ефимов И. П. Эмерджентность против авторитета — жизнь в стремительном будущем. Формирование престижа профессии инженера у современных школьников // Инженерное образование как ответ на вызовы общества (ПМОФ 2021). Сборник статей IX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. СПб.: «Академия Востоковедения», 2021. С. 16–22.
6. Любимов Л. Л. Авторская концепция модернизации общего образования. Что надо делать? Почему это надо делать? Как это можно сделать? Серия «Современная аналитика образования», № 2 (32); Институт образования. М.: НИУ ВШЭ, 2020. 80 с.
7. Уваров А. Ю. Цифровая трансформация и сценарии развития общего образования. М.: НИУ ВШЭ, 2020. 108 с. (Современная аналитика образования, № 16 (46)).
8. Усольцев А. П., Шамало Т. Н. Формирование инновационного мышления школьников в учебном процессе // Образование и наука. 2014. № 4 (113). С. 17–30.
9. Ефимов И. П., Корсакова Н. Л., Мирошевская А. В., Попова В. А., Пучков М. Ю. От конвергенции наук к конвергенции образования: репортаж с полей // Проблемы педагогической инноватики в профессиональном образовании: Материалы XX Международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 26–27 апреля 2019 г. СПб: РГПУ им. А. И. Герцена, 2019. С. 389–394.

Поступила в редакцию 02.03.2022, окончательный вариант — 24.03.2022.

Попова Вера Алексеевна, кандидат технических наук, директор Центра детского и молодёжного инженерного творчества РГПУ им. А. И. Герцена, veraap1939@gmail.com

Пиотровская Ксения Раймондовна, доктор педагогических наук, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры методики обучения математике и информатике РГПУ им. А. И. Герцена, ✉ krp62@mail.ru

Ларченкова Людмила Анатольевна, доктор педагогических наук, доцент, профессор кафедры методики обучения физике РГПУ им. А. И. Герцена, laryludmila@yandex.ru

Ефимов Игорь Павлович, кандидат технических наук, заведующий лабораторией Центра детского и молодёжного инженерного творчества РГПУ им. А. И. Герцена, igorp.efimov@gmail.com

Жданов Николай Васильевич, магистрант Института Передовых производственных технологий СПбПУ, s-g-24@list.ru

Computer tools in education, 2022

№ 1: 97–106

<http://cte.eltech.ru>

doi:10.32603/2071-2340-2022-1-97-106

Methodologies of Including Project Engineering Activities in the Curriculum of Pedagogical Universities. Experience of Herzen State University

Popova V. A.¹, PhD, veraap1939@gmail.com

Piotrowska X. R.¹, Full Doctor (Pedagogical Sciences), Associate Professor, PhD (Engineering Sciences), ✉ krp62@mail.ru, orcid.org/0000-0003-2557-9461

Larchenkova L. A.¹, Full Doctor (Pedagogical Sciences), Associate Professor, larludmila@yandex.ru, orcid.org/0000-0002-5353-938X

Efimov I. P.¹, PhD, igorp.efimov@gmail.com

Zhdanov N. V.², Master Student, s-g-24@list.ru

¹The Herzen State Pedagogical University of Russia, 48 Moika Embankment, St. Petersburg, 191186, Russia

²Institute of Advanced Manufacturing Technologies of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Polytechnicheskaya, 29, St. Petersburg, 195251, Russia

Abstract

The article discusses the problems associated with the organization of engineering practices and design and technological production practices in pedagogical universities both in pedagogical areas of training and in non-pedagogical areas of training, for example, "Applied Mathematics and Informatics". A comparative analysis of three different methods is carried out on the example of the practice organization of s at two faculties of the Russian State Pedagogical University. A. I. Herzen and one of the St. Petersburg's secondary schools.

Keywords: *virtual laboratories, engineering workshop, teaching methods and tools, engineering creativity, 3D modeling.*

Citation: V. A. Popova, X. R. Piotrowska, L. A. Larchenkova, I. P. Efimov, and N. V. Zhdanov, "Methodologies of Including Project Engineering Activities in the Curriculum of Pedagogical Universities. Experience of Herzen State University," *Computer tools in education*, no. 1, pp. 97–106, 2022 (in Russian); doi:10.32603/2071-2340-2022-1-97-106

References

1. Ya. I. Kuz'minov, I. D. Frumin, and L. Ovcharova, eds., "Dvenadcat' reshenij dlya novogo obrazovaniya: doklad Centra strategicheskikh razrabotok i Vysshej shkoly ekonomiki," in *Proc. XIX April International Academic Conference on Economic and Social Development*, Moscow: HSE University, 2018 (in Russian).
2. G. I. Gerasimov, "From the Sciences of Education to the Education Science," *Humanities of the South of Russia*, vol. 6, no. 4, pp. 275–290, 2017 (in Russian); doi: 10.23683/2227-8656.2017.4.26
3. V. V. Rubtsov, V. A. Lektorsky, A. G. Asmolov, et al., "From Joint Activity to the Construction of New Social Communities: Jointness. Creativity. Education. School (Roundtable of the methodological seminar supervised by V.V. Rubtsov and B.D. Elkonin)," *Cultural-Historical Psychology*, vol. 14, no. 3, pp. 5–30, 2018 (in Russian); doi: 10.17759/chp.2018140301
4. UG.RU, "Tsifrovaya transformatsiya sistemy obrazovaniya proiskhodit khaotichno," in *UG.RU*, 19 Nov. 2020. [Online] (in Russian). Available: <https://ug.ru/czifrovaya-transformatsiya-sistemy-obrazovaniya-proishodit-haotichno/>

5. M. Yu. Puchkov, V. A. Popova, and I. P. Efimov, “Emerdzhentnost’ protiv avtoriteta — zhizn’ v stremitel’nom budushchem. Formirovanie prestizha professii inzhenera u sovremennykh shkol’nikov,” in *Proc. Engineering education as a response to the challenges of society (PMOF 2021) Collection of articles of the IX All-Russian scientific and practical conference with international participation*, St. Petersburg, Russia: Akademiya Vostokovedeniya, 2021, pp. 16–22 (in Russian).
6. L. Lubimov, “Author’s Concept Of School Education Modernization,” in *Sovremennaya analitika obrazovaniya series*, vol. 2 (32), Moscow: HSE University, pp. 1–81, 2020 (in Russian).
7. A. Uvarov, “The Digital Transformation And Scenarios for The General Education Development,” in *Sovremennaya analitika obrazovaniya series*, vol. 16 (46), Moscow: HSE University, pp. 1–109, 2020 (in Russian).
8. A. P. Usoltsev and T. N. Shamalo, “Developing The Innovative Mentality Of Secondary School Students,” *The Education and Science Journal*, no. 4(113), pp. 17–30, 2014 (in Russian); doi: 10.17853/1994-5639-2014-4-17-30
9. I. P. Efimov, N. L. Korsakova, A. V. Miroshchevskaya, V. A. Popova, and M. Y. Phuchkov, “From Convergence Of Science To Convergence Of Education: Field Report,” in *Proc. of Problemy pedagogicheskoi innovatiki v professional’nom obrazovanii: Materialy XX Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*, St. Petersburg, 26–27 Apr. 2019, St. Petersburg: Herzen University, 2019, pp. 389–394 (in Russian).

Received 02-03-2022, the final version — 24-03-2022.

Vera Popova, PhD, Head of the Center for Engineering Creativity of Children’s and Youth, The Herzen State Pedagogical University of Russia, veraap1939@gmail.com

Xenia Piotrowska, Full Doctor (Pedagogical Sciences), associate professor, PhD (Engineering Sciences), Professor at the Department of Educational Technologies in Mathematics and Computer Science, The Herzen State Pedagogical University of Russia, ✉ krp62@mail.ru

Ludmila Larchenkova, Full Doctor (Pedagogical Sciences), Associate Professor, Head of the Department of Educational Technologies in Physics, The Herzen State Pedagogical University of Russia, larludmila@yandex.ru

Igor Efimov, PhD (Engineering Sciences), Head of the Laboratory of the Center for Engineering Creativity of Children’s and Youth, The Herzen State Pedagogical University of Russia, igorp.efimov@gmail.com

Nikolay Zhdanov, Master Student at the Department of Institute of Advanced Manufacturing Technologies of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, s-g-24@list.ru