

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / PEDAGOGICAL SCIENCES



<https://doi.org/10.15507/2311-2468.013.202503.277-288>

eISSN 2311-2468

EDN: <https://elibrary.ru/tbpvom>

<https://ogarev-online.ru>

УДК / UDC 37.013:62

Оригинальная статья / Original article

Проектный метод в инженерном образовании

М. В. Чугунов[✉], И. Н. Полунина, В. В. Докина

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет,

Саранск, Россия

m.v.chugunov@mail.ru

Аннотация

Введение. Метод проектов – один из методов, применяемый в сфере образования, эффективность которого уже не вызывает сомнений, но актуальными для исследования остаются специфические особенности применения данного метода по различным образовательным направлениям. Цель исследования – анализ и обобщение опыта авторов, результатом которого является онлайн-курс на базе рассматриваемого интегрированного подхода, включающего в себя различные методы как компьютерного (виртуального), так и натурального моделирования.

Материалы и методы. Метод проектов как система обучения и образовательная технология в данном исследовании напрямую интегрирован с методами, являющимися предметом изучения. Среди них: методы проектирования в современных САХ-средах, методы и технологии программирования, натурное и математическое моделирование, технологии прототипирования. В качестве программно-аппаратной базы проекта использовались MS Visual Studio C++, ArduPilot/Pixhawk, SolidWorks, T-Flex, KuGoo, Injora, BigoLand.

Результаты исследования. Результатом исследования является комплекс интегрированных моделей различного типа, используемых в качестве базы для реализации проекта, а также онлайн-курс, включающий в себя эти модели, методические материалы для их разработки в виде полнотекстовых документов и мультимедийного контента. Обобщен опыт использования проектного метода на рассматриваемой методической базе. Изложена постановка задачи в терминах кибернетики для последующего применения указанного метода.

Обсуждение и заключение. Результаты реализации проектного метода на базе выбранного интегрированного подхода полностью подтвердили его эффективность по следующим критериям: управляемость, воспроизводимость, индивидуализация, дифференциация, инновационность. Данный метод может быть адаптирован для решения широкого спектра задач в области проектирования, однако эти задачи должны обладать выраженной наукоемкой составляющей и междисциплинарным характером.

Ключевые слова: метод проектов, индивидуальная образовательная траектория, киберпедагогика, интегрированная модель, виртуальная модель, натурная модель, онлайн-курс

Благодарности. Авторы выражают благодарность анонимным рецензентам и фонду Владимира Потанина, поддержавшему данный проект.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© Чугунов М. В., Полунина И. Н., Докина В. В., 2025



Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 License.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 License.

Для цитирования: Чугунов М. В., Полунина И. Н., Докина В. В. Проектный метод в инженерном образовании // Огарёв-online. 2025. Т. 13, № 3. С. 277–288. <https://doi.org/10.15507/2311-2468.013.202503.277-288>

Project-Based Learning in Engineering Education

M. V. Chugunov✉, I. N. Polunina, V. V. Dokina

National Research Mordovia State University,
Saransk, Russia
m.v.chugunov@mail.ru

Abstract

Introduction. Project-based learning is one of the most effective methods in education. Nevertheless, the specifics of applying this method in various fields of learning remains a relevant research topic. The purpose of the study is to analyze and summarize the authors' experience in applying the project method, which resulted in an online-course based on the integrated approach discussed, which includes various methods of both computer (virtual) and physical modeling.

Materials and Methods. Project-based learning, as an education technique, is directly integrated with the methods that are the subject of study in this work. These include: methods of design in modern CAx environments, programming methods and technologies, physical and mathematical modeling, and prototyping technologies. The project uses MS Visual Studio C++, ArduPilot/Pixhawk, SolidWorks, T-Flex, KuGoo, Injora, and BigoLand as its software and hardware base.

Results. The result of the study is a set of integrated models of various types used as a basis for implementing the project, as well as an online course that includes these models, methodological materials for their development in the form of full-text documents and multimedia content. The experience of using the project method on the considered methodological basis has been summarized.

Discussion and Conclusion. The results of the implementation of the project method based on the selected integrated approach fully confirmed the effectiveness of the project method according to the following criteria: manageability, reproducibility, individualization, differentiation, innovation. The project method can be adjusted to solving a wide range of modeling tasks provided they should have a scientific component and interdisciplinary nature.

Keywords: project-based learning, individual educational path, cyber pedagogy, integrated model, virtual model, physical model, online course

Acknowledgements. The authors thank the anonymous reviewers, and also express their gratitude to the Vladimir Potanin Foundation, which supported this project.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

For citation: Chugunov M.V., Polunina I.N., Dokina V.V. Project-Based Learning in Engineering Education. Ogarev-online. 2025;13(3):277–288. <https://doi.org/10.15507/2311-2468.013.202503.277-288>

ВВЕДЕНИЕ

Проектное обучение (PBL – Project-Based Learning) [1] как дидактическая система и проектный метод как педагогическая технология¹ со всеми известными достоинствами (проблемность, командность, диалогичность, интегративность, контекстность и др.) на

¹ Шихваргер Ю. Г. Метод проектов в профессиональном обучении педагогов : моногр. Новосибирск : Изд. НГПУ, 2013. 142 с.

практике доказали свою эффективность. Поскольку проектный метод является основным при реализации проектного обучения, то зачастую термины «проектное обучение» и «метод проектов» рассматриваются как тождественные [2].

Актуальными для исследования остаются практические аспекты реализации данного метода, которые в контексте инженерного образования проявляются особенно отчетливо. Это обусловлено непосредственной связью применения проектного метода с процессом проектирования как такового, который является ключевой областью профессиональной деятельности инженера и учебной дисциплиной для студентов.

Стоит отметить, что в самой постановке задач проектного метода применяются термины, характерные для научно-технической сферы, такие как конструирование, траектория, широкий перечень параметров количественного типа. Применение метода проектов в инженерном образовании обладает рядом специфических особенностей, одной из которых является возможность постановки задач метода проектов в инженерных (кибернетических) терминах, что делает понимание метода более структурированным и системным.

Цель исследования – сформулировать и реализовать задачу метода проектов в инженерных (кибернетических) терминах, что позволит систематизировать и структурировать педагогический опыт, представив его в форме, которая будет понятна и доступна для специалистов в области инженерии.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Метод проектов прошел долгий путь развития в отечественной и зарубежной педагогической теории и практике с начала XX в. и до наших дней. Периодизация этапов развития метода предлагается Е. А. Пеньковских [2] и Е. А. Евстафьевой [3], где анализируется становление данного метода в отечественной и зарубежной педагогике.

Е. А. Евстафьева обосновала актуальность метода в контексте современных требований, а в качестве требования к реализации метода рассмотрела выполнение постоянно усложняющихся практических заданий – проектов [3].

Метод проектов играет ключевую роль в развитии творческой активности обучающихся, которая проявляется на различных уровнях и в разнообразных аспектах подготовки, включая как инженерные, так и гуманитарные направления². Ряд авторов рассмотрел теоретические и практические аспекты реализации проектного метода в вузах России [4], результаты его применения в зарубежных вузах, а также анализ критериев оценки данных результатов представлены в исследовании П. Го и других авторов [5].

Стратегия применения проектного метода на разных уровнях инженерного образования изложена в работе [6]. Важной особенностью метода в инженерном образовании является его интегрируемость с аналогичными подходами на стадии школьного обучения, в частности, опирающимися на методологию STEM (Science, Technology, Engineering,

² Козлова Л. С., Каюпова А. С., Мамлеев Д. Р. Проектный метод обучения как дидактическое средство развития творческой активности учащихся // Педагогическая наука и образование в диалоге со временем : сб. материалов IX Междунар. науч.-практ. конф., посвященной памяти В. А. Пятин (14 июня 2024 г., г. Астрахань). Астрахань : Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева, 2024. С. 54–58.

Mathematics) [7]. Интерес представляет собой кибернетический подход к постановке и решению образовательных задач [8; 9], который в части интеграции его с методом проектов имеет, с нашей точки зрения, особенно благоприятные перспективы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Рассмотрим двумерное сечение $(x_i, x_j), j = \overline{1, n}$ гиперпространства размерности n , которое будем называть пространством компетенций. Каждое координатное направление представляет собой действительную числовую ось, вдоль которой сгруппированы и соотнесены с числовыми значениями некоторые компетенции, следующие в порядке усложнения и соответствующие одной или нескольким учебным дисциплинам (модулям). Одна из таких координатных осей x_i частично конкретизирована нами в контексте важной в инженерном образовании общетехнической дисциплины – сопротивления материалов. Числовые значения (координаты), соответствующие точкам на координатных осях, в дальнейшем для краткости будем называть значениями компетенции.

Абитуриент, поступающий в вуз, характеризуется начальной точкой в этом пространстве, принадлежащей начальному гиперпараллелепипеду (или подобласти другой формы) весьма ограниченного объема и находящемуся в непосредственной близости от начала отсчета. Факт принадлежности этой начальной точки указанному гиперпараллелепипеду является критерием того, что данный человек является абитуриентом.

В процессе обучения в статусе студента обучающийся совершает движение в данном пространстве по некоторой траектории из начальной точки ($\vec{x^0}$ – ее координатный вектор) и достигает в итоге некоторой целевой точки ($\vec{x^*}$ – ее координатный вектор), которая принадлежит целевой подобласти в этом пространстве – гораздо более значительных размеров, чем начальная подобласть – и является удаленной от начала отсчета на гораздо более значительное расстояние. Факт принадлежности конечной точки этой целевой подобласти является критерием того, что обучающийся приобрел квалификацию «инженер».

Задача кибернетики ставится следующим образом: задать управление (воздействие) на систему, обеспечивающее на заданном периоде времени движение начальных точек по траекториям, конечными точками которых являются целевые точки, принадлежащие целевой области.

Качественный анализ траекторий, т. е. функций, графики которых представлены на рисунке 1, позволяет сделать следующий очевидный вывод: эти функции должны быть гладкими.

Обеспечить гладкость функций и реализацию рассматриваемой модели в целом позволит выбор конкретных задач проектирования, которые выбираются в качестве базовых для реализации проектного метода. Этот вопрос, с нашей точки зрения, является ключевым и существенным образом влияет на результаты образовательного процесса. Для успешного выполнения поставленных задач необходимо соблюдение следующих ключевых критериев: актуальность (востребованность) и представленность в медиапространстве, наукоемкость, комплексность и междисциплинарность.

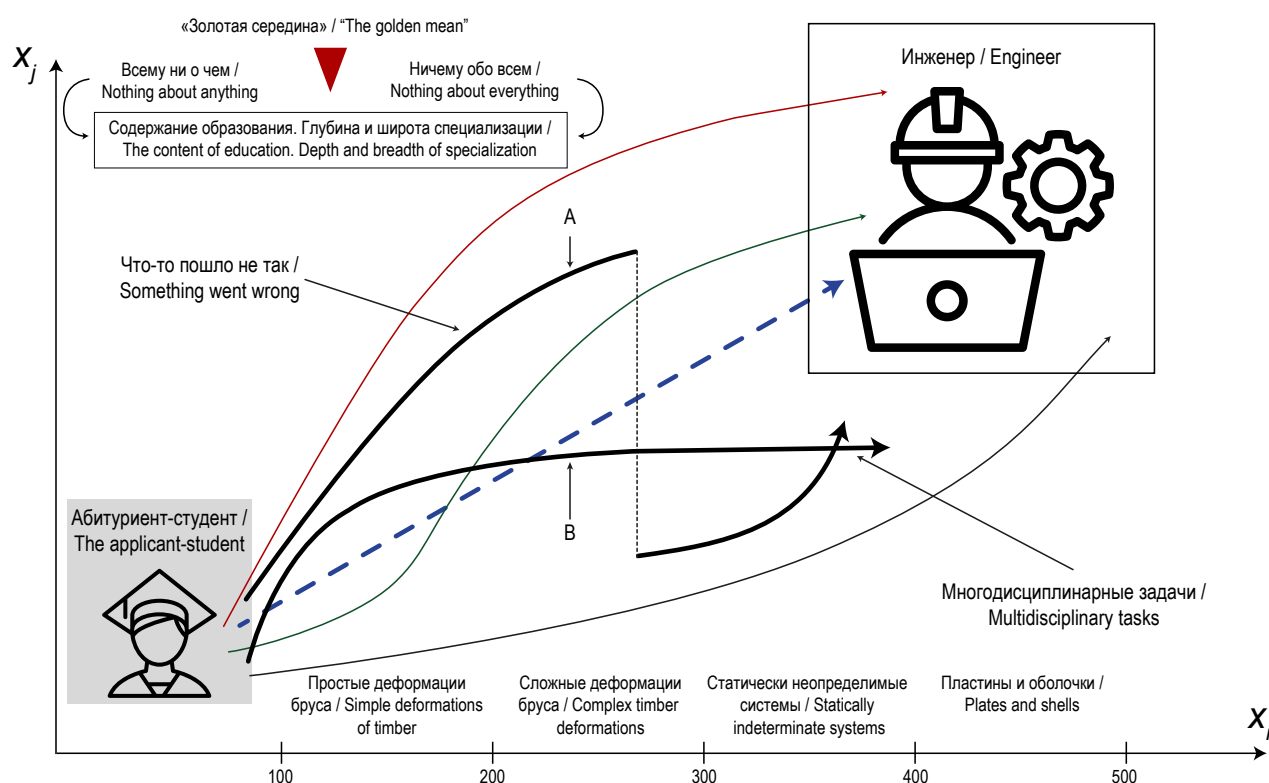


Рис. 1. Индивидуальные образовательные траектории в пространстве компетенций
Fig. 1. Individual educational paths in the competence space

Источник: здесь и далее рисунки составлены авторами.

Source: here and further, the drawings are compiled by the authors.

Примечание: пунктирный вектор – направление подготовки; кривые красного и зеленого цветов – допустимые индивидуальные траектории, относящиеся к категории успешных; A, B – траектории, не приведшие к желаемому результату.

Note: The vector shown in dotted lines represents the direction of learning; the red and green curves represent the acceptable individual trajectories that are considered successful; A and B represent the trajectories that did not lead to the desired outcome.

Первые три критерия не требуют дополнительных комментариев. В отношении четвертого критерия, «междисциплинарность», следует отметить, что задача должна быть именно междисциплинарной, а не многодисциплинарной, т. е. обладать множеством всесторонних междисциплинарных связей. В противном случае (в случае многодисциплинарного подхода) образовательные траектории будут представлять собой составные кривые, включающие прямолинейные звенья, параллельные координатным осям, либо содержащие разрывы.

Индивидуальность каждой траектории определяется личностными особенностями студента и его специализацией как разработчика (*Maker*) и пользователя (*User*), поиском той «золотой середины» в глубине и широте специализации, между двумя полюсами («всему ни о чем» и «ничему обо всем»). На основании нашего педагогического опыта мы можем наблюдать наличие у студентов склонности к одному из двух видов указанной деятельности либо к обоим одновременно (рис. 1).

Индивидуальные особенности студента могут быть формализованы с использованием квадратичных функций (кривых второго порядка) $F(\alpha, \beta)$, заданных в координатах α и β (рис. 2), где α характеризует широту специализации студента, β – характеризует глубину специализации.

Поясним физический смысл переменных α и β на конкретном примере. В данном проекте особую роль играют цифровые технологии, связанные с автоматизированным проектированием (САХ-моделированием), а также с решением задач по разработке САХ-систем, обусловленных необходимостью расширения и углубления их штатного функционала. Моделирование (описание) объекта проектирования выполняется в разных аспектах: конструкторском, технологическом, функциональном. Функциональный аспект предусматривает описание объекта многоаспектным образом в терминах механики, электроники, гидравлики и проч. Кроме того, это описание для каждого аспекта может быть выполнено на разных уровнях сложности: деталь-сборка, линейность-нелинейность, статика-динамика и т. д. Таким образом, переменная α характеризует многоаспектность задачи, а переменная β – ее сложность. Заметим, что многоаспектность описания модели напрямую связана с междисциплинарностью задачи проектирования.

В рамках настоящего проекта планируется решение задачи разработки как в пределах заданного спектра многоаспектности, так и на определенном уровне сложности.

Например: «Разработать StandAlone API-приложение на базе COM для решения задачи траекторного управления мобильным роботом»³.

Функция $F(\alpha, \beta)$ ⁴ имеет вид:

$$F(\alpha, \beta) = a_{11}\alpha^2 + 2a_{12}\alpha\beta + a_{22}\beta^2 + 2a_1\alpha + 2a_2\beta + a_0,$$

где $a_0, a_1, a_{11}, a_{12}, a_{22}$ – коэффициенты.

Таким образом, различные сочетания значений коэффициентов в формуле позволяют описать все возможные подходы к построению индивидуальных образовательных траекторий. Графиками этих функций являются конические сечения (коники) на плоскости (α, β) , которую в дальнейшем будем называть плоскостью специализации. На рисунке 2 представлены по одной кривой из каждого семейства: эллипсов, парабол и гипербол с совпадающими фокусами (за исключением частных случаев).

Наша задача – провести качественный анализ этих функций при движении некоторой текущей точки от одного фокуса эллипса (O_1) до другого (O_2). Это наиболее часто встречающийся на практике случай.

Первая координатная четверть делится на две части биссектрисой на две полуплоскости. Верхняя часть характерна для разработчиков и соответствует более углубленной, но узкой специализации. Нижняя полуплоскость характерна для пользователей с менее углубленной подготовкой, но с более широкой специализацией.

Для любой текущей точки глубина специализации разработчика определяется длиной перпендикуляра от точки до биссектрисы, если точка лежит в верхней полуплоскости. Аналогичным образом определяется глубина специализации пользователя, если точка принадлежит нижней полуплоскости. Соответствующие утолщенные отрезки синего цвета показаны для случая эллипса (рис. 2).

³ Чугунов М. В., Полунина И. Н., Попков М. А. Объектно-ориентированное и API программирование : учебное пособие. Саранск : Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, 2018. 96 с.

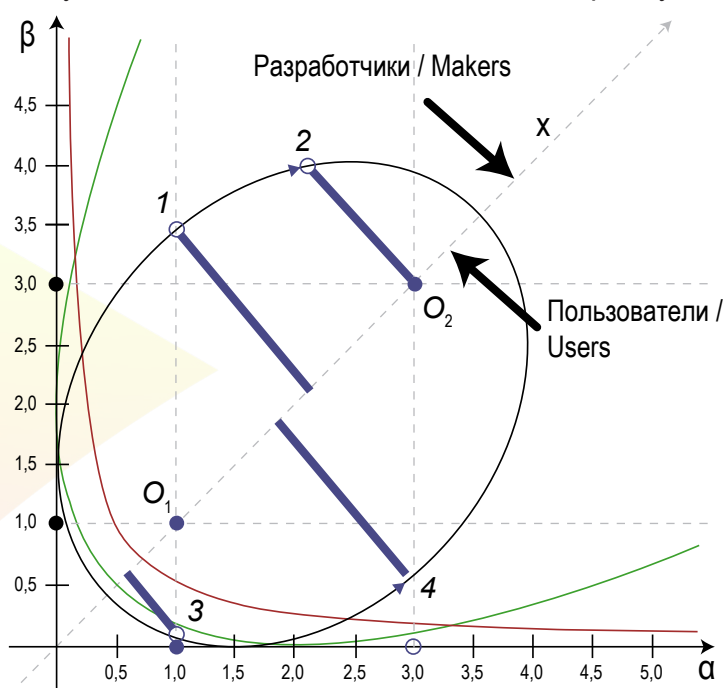
⁴ Веселов А. П., Троицкий Е. В. Лекции по аналитической геометрии: учебное пособие. М. : МЦНМО, 2016. 152 с.



Эллипс иллюстрирует следующее: при расширении специализации (многоаспектности), т. е. при увеличении α глубина специализации разработчика снижается (движение от точки 1 до точки 2); глубина специализации пользователя наоборот возрастает (движение от точки 3 до точки 4). Эта кривая соответствует студентам, которые проявляют на данном интервале склонность и к деятельности пользователя, и к деятельности разработчика одновременно. Однако, чтобы добиться оптимума нужно быть внимательным с многоаспектностью. Таких студентов, как правило, большинство (до 80 %).

Гипербола представляет прежде всего теоретический интерес и соответствует варианту, когда студент проявляет склонность лишь к одному из видов деятельности: либо пользователя, либо разработчика, т. е. функция однозначна. Более того, гипербола имеет две асимптоты в виде координатных осей, именно они соответствуют двум теоретически возможным предельным состояниям «всему ни о чем» и «ничему обо всем», здесь речь идет о сложности задачи, характеризуемой переменной β . На практике при движении на заданном интервале этой кривой соответствуют самые слабые студенты (10–15 %), которые не усваивают компетенции разработчика, а компетенции пользователя осваивают на простейших задачах.

Парабола на практике встречается редко (не более 5 %). Это наиболее способные студенты. При движении на заданном интервале кривая иллюстрирует склонность студента как к деятельности пользователя, так и к деятельности разработчика, причем глубина специализации только возрастает с увеличением многоаспектности и по первому, и по второму критериям.



Р и с . 2. Плоскость специализации: 1 – начальная точка, соответствующая разработчику; 2 – конечная точка, соответствующая разработчику; 3 – начальная точка, соответствующая пользователю; 4 – конечная точка, соответствующая пользователю

Fig. 2. Individual educational path in the competence space: 1 – the starting point corresponding to the maker; 2 – the finish point corresponding to the maker; 3 – the starting point corresponding to the user; 4 – the finish point corresponding to the user

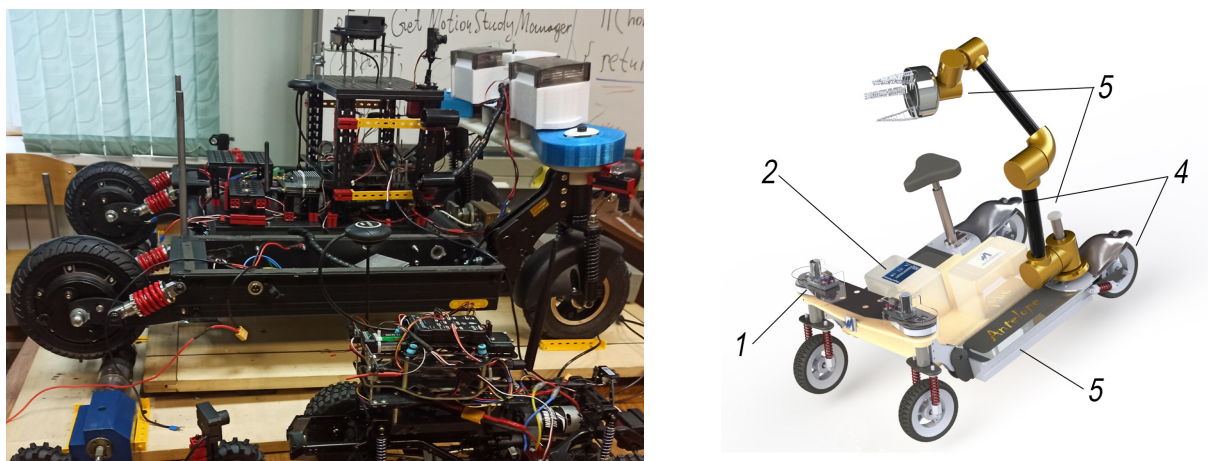
Примечание: O_1 , O_2 – фокусы эллипса.

Note: O_1 , O_2 – ellipse focuses.

Принимая во внимание всю совокупность трудностей, связанных с практической реализацией задач в области киберпедагогики [9; 10], мы не намерены предлагать данную модель для непосредственной практической реализации с использованием конкретных численных параметров. Данная модель предназначена для более полного качественного понимания содержательных аспектов проектного метода, а также для уточнения смысла некоторых терминов, таких как «индивидуальная образовательная траектория» [10].

В результате многочисленных проб и ошибок мы остановили свой выбор на следующей задаче проектирования: «На предложенной программно-аппаратной базе разработать интегрированную модель мобильного робота или прототип электромобиля, включающего в себя три составляющие: а) виртуальную САх-модель, т. е. собственно проект; б) натурную модель; в) единую систему управления движением, включая автономное поведение» [11].

На рисунке 3 показана натурная и виртуальная модель колесного робота на одной из используемых нами платформ (KuGoo).



Р и с . 3 . Интегрированные модели: а) натурная модель; б) виртуальная модель: 1 – механические передачи, рулевое управление; 2 – система управления, радиосвязь, телеметрия, оучствление (сенсорика); 3 – технологический модуль; 4 – двигатели; 5 – энергообеспечение

Fig. 3. Integrated models: a) full-scale model; b) virtual model: 1 – mechanical transmission, steering; 2 – control system, radio communication, telemetry, sensing; 3 – technology module; 4 – thrusters; 5 – energy supply

Дисциплины (модули), обеспечивающие компетенции, необходимые для реализации данного проекта:

1. Физико-математические науки.
2. Механика (как раздел физики, теоретическая механика, механика деформируемого твердого тела).
3. Электроника и схемотехника.
4. Автоматическое управление.
5. Автоматизированное проектирование (CAD/CAE).
6. Информатика и программирование.
7. Натурное моделирование и экспериментирование.
8. Технологии высокоточных измерений, прототипирования, механической обработки.

Особого внимания к себе, на наш взгляд, заслуживают компетенции из области информатики и программирования. Процесс программирования всегда более интересен, легче верифицируется и тестируется, если он связан с компьютерной графической

кой. Более того, дисциплины, связанные с автоматизированным проектированием, которые полностью реализуются «на экране компьютера», гораздо более интересны для студента, если предусматривают то или иное материальное воплощение объекта проектирования.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Разработан модельный ряд для интегрированных (натурных и виртуальных) моделей на различных платформах: KuGoo, Injora, BigoLand, а также методические материалы в виде онлайн-курса на базе Moodle, включающего в себя SCORM-пакеты и другие структурированные полнотекстовые материалы с мультимедийным контентом. Основные результаты в части построения интегрированных моделей, используемых в данном проекте, иллюстрируются следующими видеоматериалами:

- 1) решение задач траекторного управления и путевой стабилизации, разработка виртуальных, натурных и интегрированных моделей на базе KuGoo⁵;
- 2) реализация технологий прототипирования⁶;
- 3) тестирование виртуальных и натурных моделей на базе BigoLand⁷;
- 4) онлайн-курс⁸.

Авторы не проводили статистических наблюдений и исследований, однако зафиксировали явные позитивные качественные изменения по следующим параметрам: управляемость, воспроизводимость, индивидуализация и дифференциация, инновационность, а также по показателям, связанным с активностью, мотивацией и креативным потенциалом студентов.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования полностью подтверждена эффективность проектного метода, которая обеспечена выбором задачи проектирования. Подтверждается высказанная гипотеза о необходимости материального воплощения абстрактных моделей проектирования. Это качественным образом повышает интерес студентов к объекту проектирования, приближает проект к реальности.

В процессе реализации проекта решаются междисциплинарные задачи, завершающиеся проведением тест-драйва спроектированного, собранного и запрограммированного студентами робота, т. е. состояние и поведение объекта проектирования не только созерцается студентами за счет применения средств компьютерной графики, но и осязается ими как реальный материальный объект.

Опыт авторов, представленный в данной статье, может быть легко адаптирован для других задач проектирования, но непременно являющихся при этом наукоемкими и междисциплинарными.

⁵ TrajectoryControlDigitalTwins [Электронный ресурс] // Rutube : видеохостинг. URL: <https://rutube.ru/video/private/611887da547c7e3b28232963e54ffead/?p=GDqEfxgehR4c4h61S37sPw> (дата обращения: 05.06.2025).

⁶ Technology [Электронный ресурс] // Rutube : видеохостинг. URL: <https://rutube.ru/video/private/8fde127a1b7d1546002b27830f53ed24/?p=j2CblIKRR74bWCjmnjOthA> (дата обращения: 05.06.2025).

⁷ BigoLand [Электронный ресурс] // Rutube : видеохостинг. URL: https://rutube.ru/video/private/9865d72b8ee7a08e18a80182fc8bf913/?p=rY4EXiP45SZHw0iQRxUT_A (дата обращения: 05.06.2025).

⁸ OnLineCourse [Электронный ресурс] // Rutube : видеохостинг. URL: https://rutube.ru/video/private/5e8a17e6210efce8f4a2e611d1e11c93/?p=qYxROQioB_vc7M_k5V3imw (дата обращения: 05.06.2025).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Создание проектно-деятельностной образовательной среды для инновационной подготовки будущих инженеров / Н. И. Наумкин [и др.] // Интеграция образования. 2024. Т. 28, № 2. С. 172–192. <https://doi.org/10.15507/1991-9468.115.028.202402.172-192>
2. Пеньковских Е. А. Метод проектов в отечественной и зарубежной педагогической теории и практике // Вопросы образования. 2010. № 4. С. 307–318. <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2010-4-307-318>
3. Евстафьева Е. А. Проектный метод обучения как способ освоения профессиональных и личностных компетенций обучающихся // Символ науки: международный научный журнал. 2022. № 7-2. С. 22–24. <https://elibrary.ru/axdqnc>
4. Анализ внедрения проектного обучения в российских вузах / М. В. Куклина [и др.] // Современные проблемы науки и образования. 2021. № 6. <https://doi.org/10.17513/spno.31320>
5. A Review of Project-Based Learning in Higher Education: Student Outcomes and Measures / P. Guo [et al] // International Journal of Educational Research. 2020. Vol. 102. Article no. 101586. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2020.101586>
6. Project-Based Learning in Engineering Higher Education: Two Decades of Teaching Competences in Real Environments / I. de los Ríos [et al] // Procedia – Social and Behavioral Sciences. 2010. Vol. 2, issue 2, Pp. 1368–1378 <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.202>
7. Model-Eliciting Activities: Pre-Service Teachers' Perceptions of Integrated STEM / C. Maiorca [et al] // Education Sciences. 2023; Vol. 13, issue 12. Article no. 1247. <https://doi.org/10.3390/educsci13121247>
8. Плешаков В. А. Перспективы киберонтологического подхода в современном образовании // Вестник МГПУ. Серия: Педагогика и психология. 2014. № 3. С. 1–18. <https://elibrary.ru/ssyhmf>
9. Обыденкова В. К. Предпосылки становления киберпедагогики как науки XXI века // Философские проблемы информационных технологий и киберпространства. 2015. № 2. С. 86–104. <https://doi.org/10.17726/philt.2015.10.2.001.891>
10. Косарева С. А. Педагогическое сопровождение повышения уровня самоорганизации студентов в учебном проекте посредством разработки и реализации индивидуальной образовательной траектории // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Философия. Психология. Педагогика. 2021. Т. 21, № 2. С. 207–211. <https://doi.org/10.18500/1819-7671-2021-21-2-207-211>
11. Чугунов М. В., Полунина И. Н., Овчинников А. Ю. Прототип беспилотного электромобиля на базе конструктора Vigo.Land // Инженерные технологии и системы. 2025. Т. 35, № 2. С. 186–203. <https://doi.org/10.15507/2658-4123.035.202502.186-203>

REFERENCES

1. Naumkin N.I., Glushko D.E., Kupryashkin V.F., Abushaeva Z.Kh. Creating Project-Activity Educational Environment for Innovative Training of Future Engineers. *Integration of Education*. 2024;28(2):172–192. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.15507/1991-9468.115.028.202402.172-192>
2. Penkovskikh E.A. Project Method in Russian and Foreign Pedagogical Theory and Practice. *Educational Studies*. 2010;(4):307–318. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2010-4-307-318>
3. Evstafyeva E.A. [Project Method of Teaching as a Way of Mastering Professional and Personal Competencies by Students]. *International Scientific Journal: Symbol of science*. 2022;(7-2):22–24. (In Russ.) <https://elibrary.ru/axdqnc>
4. Kuklina M.V., Trufanov A.I., Urazova N.G., Bondareva A.V. Analysis of the Implementation of Project-Based Learning in Russian Universities. *Modern Problems of Science and Education*. 2021;(6). (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.17513/spno.31320>
5. Guo P., Saab N., Post L.S., Admiraal W. A Review of Project-Based Learning in Higher Education: Student Outcomes and Measures. *International Journal of Educational Research*. 2020;102:101586. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2020.101586>
6. Ríos de los I., Cazorla A., Díaz-Puente J.M., Yagüe J.L. Project-Based Learning in Engineering Higher Education: Two Decades of Teaching Competences in Real Environments. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2010;2(2):1368–1378. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.202>
7. Maiorca C., Martin J., Burton, M., Roberts T., Tripp L.O. Model-Eliciting Activities: Pre-Service Teachers' Perceptions of Integrated STEM. *Education Sciences*. 2023;13(12):1247. <https://doi.org/10.3390/educsci13121247>
8. Pleshakov V.A. Prospects of Cyberontologic Approach in Modern Education. *MCU Journal of Pedagogy and Psychology. Series: Pedagogy and Psychology*. 2014;(3):1–18. (In Russ., abstract in Eng.) <https://elibrary.ru/ssyhmf>

9. Obydenkova V.K. The Preconditions of the Formation of Cyberpedagogics as a Science of the XXI Century. *Philosophical Problems of IT & Cyberspace*. 2015;(2):86–104. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.17726/philIT.2015.10.2.001.891>
10. Kosareva S.A. Pedagogical Support of Increasing the Level of Self-Organisation in Students Within a Project by Means of Developing and Implementing an Individual Educational Trajectory. *Izvestiya of Saratov University. Philosophy. Psychology. Pedagogy*. 2021;21(2):207–211. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.18500/1819-7671-2021-21-2-207-211>
11. Chugunov M.V., Polunina I.N., Ovchinnikov A.Yu. Prototype of an Electric Vehicle Based on the Bigo.Land. *Engineering Technologies and Systems*. 2025;35(2):186–203. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.15507/2658-4123.035.202502.186-203>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Чугунов Михаил Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры конструкторско-технологической информатики Национального исследовательского Мордовского государственного университета (430005, Российская Федерация, г. Саранск, ул. Большевистская, д. 68), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5318-5684>, Researcher ID: [H-7452-2018](https://orcid.org/0000-0001-5318-5684), SPIN-код: [5861-0050](https://orcid.org/0000-0001-5318-5684), m.v.chugunov@mail.ru

Полунина Ирина Николаевна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры конструкторско-технологической информатики Национального исследовательского Мордовского государственного университета (430005, Российская Федерация, г. Саранск, ул. Большевистская, д. 68), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1093-8401>, SPIN-код: [3406-3859](https://orcid.org/0000-0002-1093-8401), my_pk@mail.ru

Докина Виктория Владимировна, студент Национального исследовательского Мордовского государственного университета (430005, Российская Федерация, г. Саранск, ул. Большевистская, д. 68), ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-8713-9173>, Dok_V@mail.ru

ВКЛАД АВТОРОВ

М. В. Чугунов – формулирование идеи исследования, целей и задач; создание и подготовка рукописи: критический анализ черновика рукописи, внесение замечаний и исправлений членами исследовательской группы, в том числе на этапах до и после публикации; осуществление научно-исследовательского процесса, включая САХ-моделирование.

И. Н. Полунина – осуществление научно-исследовательского процесса, включая САХ-моделирование; создание и подготовка рукописи, включая его перевод на иностранный язык; визуализация результатов исследования.

В. В. Докина – осуществление научно-исследовательского процесса, включая выполнение натурных и виртуальных экспериментов и сбор данных, разработку программных моделей; создание и подготовка рукописи: написание черновика рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Поступила 07.07.2025; одобрена после рецензирования 23.07.2025; принята к публикации 30.07.2025.

ABOUT THE AUTHORS

Mikhail V. Chugunov, Cand.Sci. (Eng.), Associate Professor of Chair of Design and Technology Informatics, National Research Mordovia State University (68 Bolshevistskaya St., Saransk 430005, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5318-5684>, Researcher ID: [H-7452-2018](https://orcid.org/0000-0001-5318-5684), SPIN-code: [5861-0050](https://orcid.org/0000-0001-5318-5684), m.v.chugunov@mail.ru

Irina N. Polunina, Cand.Sci. (Ped.), Associate Professor of Chair of Design and Technology Informatics, National Research Mordovia State University (68 Bolshevistskaya St., Saransk 430005, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1093-8401>, SPIN-code: [3406-3859](https://orcid.org/0000-0002-1093-8401), my_pk@mail.ru

Victoria V. Dokina, Student, National Research Mordovia State University (68 Bolshevistskaya St., Saransk 430005, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-8713-9173>, Dok_V@mail.ru

CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

M. V. Chugunov – formulation of the idea of research, goals and objectives; creation and preparation of the manuscript: critical analysis of the draft manuscript, introduction of comments and corrections by members of the research group, including during the pre-publication and post-publication stages, implementation of the research process, including CAx modeling.

I. N. Polunina – conducting of the research process, including CAx modeling; creation and preparation of the manuscript, including its translation into a foreign language; visualization of study results.

V. V. Dokina – conducting of the research process, including the performance of physical experiments and data collection; manuscript creation and preparation: writing a draft of the manuscript.

The authors have read and approved the final manuscript.

Submitted 07.07.2025; revised 23.07.2025; accepted 30.07.2025.