

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Федеральная инновационная площадка
«Проектная практика как ключевой фактор индивидуализации в инженерном
образовании»

**Анализ существующего мирового опыта и лучших практик по
реализации и организации обучения на базе деятельностных подходов
(learning by doing)**

Москва, 2022

Введение

Формируется новый технологический уклад, который предполагает внедрение передовых киберфизических систем в различные сферы человеческой деятельности, от фундаментальной и прикладной науки - до бизнеса. На текущий момент в России [1] и мире сформирован большой запрос на быстрые изменения технологических процессов. Требуемая скорость изменения диктует острую потребность в кадрах, способных эффективно решать задачи, возникающие в процессе функционирования научных, государственных и коммерческих предприятий, быстро адаптироваться к требованиям рынка. В условиях происходящих изменений возникает пласт задач, которые требуют от современного инженера умения решать нестандартные задачи, использовать современные программные и аппаратные решения, иметь предпринимательские навыки, а также понимать социальный и экономический контекст происходящих процессов.

Описанная потребность накладывает новые ограничения на образовательный процесс в инженерном университете. Современные технологии обновляются быстрее, чем возможно обновлять классические академические курсы и дисциплины. Для обучения студентов навыкам, необходимым для работы с передовыми технологиями проходит проектно-ориентированное обучение. В основе такого обучения (проектно-ориентированного) и, как следствие, образовательных программ заложен принцип «learning by doing», который предполагает обучение за счет непрерывной инженерной и/или исследовательской деятельности.

Проектно-ориентированное обучение способствует не только повышению качества освоения материалов, но и повышению мотивации к обучению за счёт более активного включения студента в управление собственным образовательным процессом [2, 3]. В России активную работу по внедрению практико-ориентированного обучения в учебный процесс на

младших курсах ведут Московский политехнический университет, Дальневосточный федеральный университет, Уральский федеральный университет, Донской государственный технологический университет и др.

Аналитический материал

Современное проектно-ориентированное обучение (механизмы внедрения проектной деятельности (ПД) в учебный процесс) имеет обширную историю и разветвлённую типизацию [4]. Выделяется 9 типов [5] ПД в учебном процессе высшего учебного заведения: ПД для формирования знаний, необходимых для работы в предметной области, и работы с ними; ПД для получения практических навыков; ПД в проекте с реальным заказчиком; ПД для изучения технологий решения проблем; ПД для практического применения навыков в реальной жизни; ПД для развития критического мышления; ПД для развития мультимодального (позиционного) мышления; ПД для развития навыков командной работы; ПД для развития навыков проектирования социальных изменений.

В ПД на основании [4] выделяется несколько принципиальных проблем на разных уровнях внедрения, каждый из которых характеризуется различными трудностями, которые необходимо преодолевать:

- Уровень индивидуальной деятельности студента. При реализации проектной деятельности на этом уровне формируются следующие ключевые трудности:
 - Слабость подготовки преподавателей к роли наставника ПД [6, 7].
 - Сложности с выбором эффективных методов оценки результатов ПД [8, 9].
 - Необходимость продолжительного обучения студентов навыкам ПД [10, 11, 12].
- Уровень подразделений университета. При реализации проектной деятельности на этом уровне формируются следующие ключевые трудности:
 - Необходимость затраты большего времени [13, 14] всеми действующими лицами.

- Отсутствие поддержки от других подразделений в университете [15, 16].
- Сложность создания эффективной схемы проектной деятельности [16, 17].
- Ограничение внешних условий [18, 19].
- Уровень общеуниверситетской культуры. При реализации проектной деятельности на этом уровне формируются следующие ключевые трудности:
 - Различный предыдущий опыт (в том числе культурный) [20].
 - Языковой барьер в интернациональных проектных группах [21].

По итогам анализа различных механизмов реализации проектной деятельности в разных университетах мира, описанной в источниках выше, можно определить следующие варианты размещения проектной деятельности в учебном плане (схема образовательного пространства представлена на рисунке №1):

- 1) Проектная деятельность выступает элементом базовой части (ядерной части) формального образовательного пространства.
- 2) Проектная деятельность входит в «вариативный» блок формального образовательного пространства: её можно выбрать или не выбрать; она может быть по-разному интегрирована в тот или иной курс.
- 3) Проектная деятельность находится за границами формального учебного пространства.

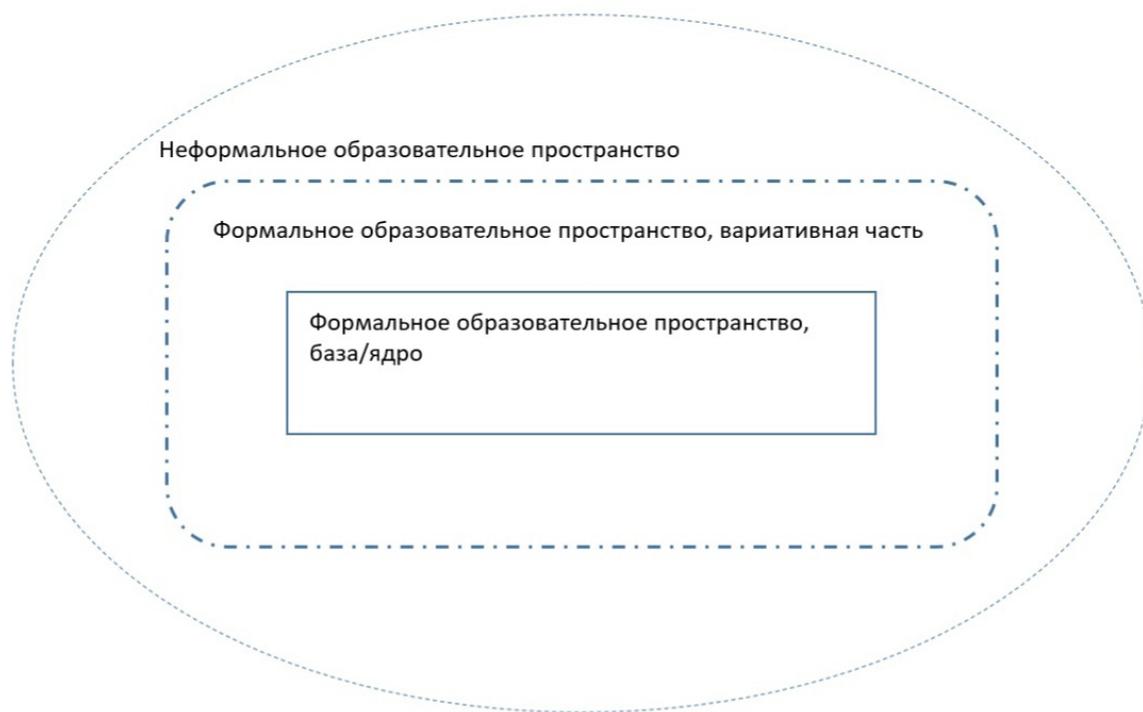


Рисунок №1. Схема образовательного пространства любого студента.

Для каждой части образовательного пространства характерны разные форматы проектно-ориентированного обучения, перечень которых представлен в таблице №1.

Таблица №1. Сопоставление частей образовательного пространства и форм проектно-ориентированного обучения.

Часть образовательного пространства	Форма проектно-ориентированного обучения
Базовая часть формального образовательного пространства	Элементы практических задач на лекциях Элементы практических задач на семинарах Лабораторные работы
Вариативная часть формального образовательного пространства	Лабораторные работы Кейсы Курсовые (типовые) проекты

Неформальное образовательное пространство	Исследования Инженерное проектирование Стартапы и иные бизнес-проекты Социальное проектирование
---	--

Представленные форматы проектного-ориентированного обучения могут быть типизированы на основании двух категорий:

- 1) Роль наставника в решении поставленной задачи в рамках проектно-ориентированного обучения и, соответственно, наличие чётких критериев оценивания полученных результатов. Этот параметр может варьироваться от полного сопровождения преподавателем решения задачи (типовой пример – учитель в школе) до отсутствия сопровождения решения задачи как такового (типовой пример – частный инвестор в стартапе).
- 2) Структурированность поставленной задачи в рамках проектно-ориентированного обучения. Параметр может варьироваться от полностью структурированной задачи (например, задача-пример в рамках лекции) до полностью не структурированной задачи (запуск собственного стартапа).

При этом, в силу того, что социальное проектирование часто реализуется в университетах России в формате «студенческого самоуправления», далее в данном анализе мы его не рассматриваем.

Типизация форматов проектно-ориентированного обучения представлена на рисунке №2.

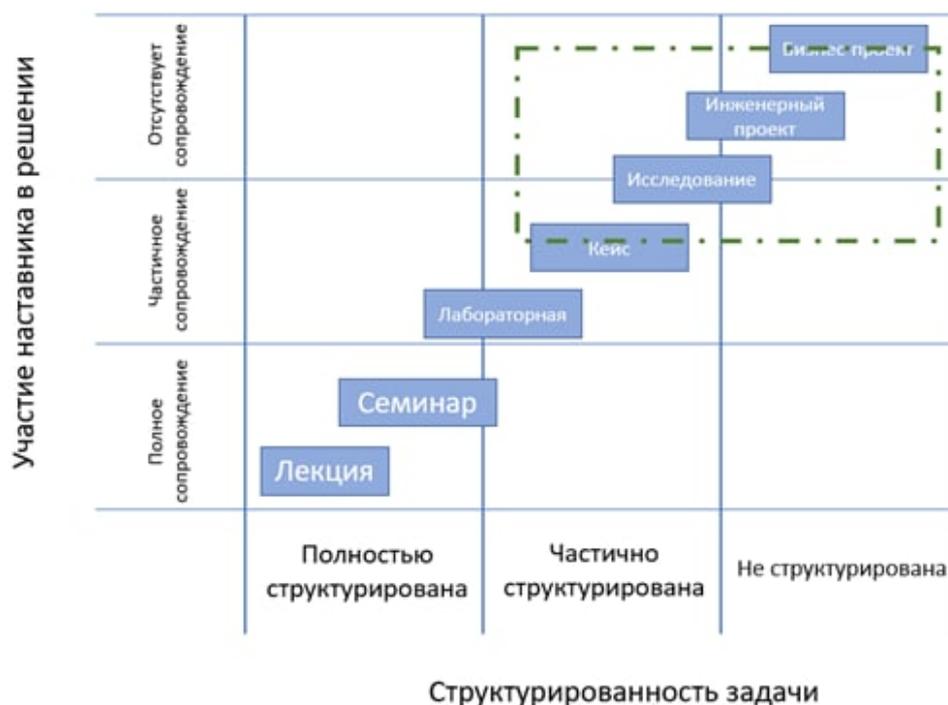


Рисунок №2. Типизация форматов проектно-ориентированного обучения по структурированности задачи и участию наставника в решении.

На рисунке №2 зелёным прямоугольником отмечена область классического проектно-ориентированного обучения, которая чаще всего рассматривается исследователями в работах, посвященных этому вопросу. При этом совмещение различных проектно-ориентированных форматов и традиционных учебных дисциплин из формального образовательного пространства может проходить в нескольких типичных вариантах. Схема отношений традиционного обучения и проектной деятельности представлена на рисунке №3.

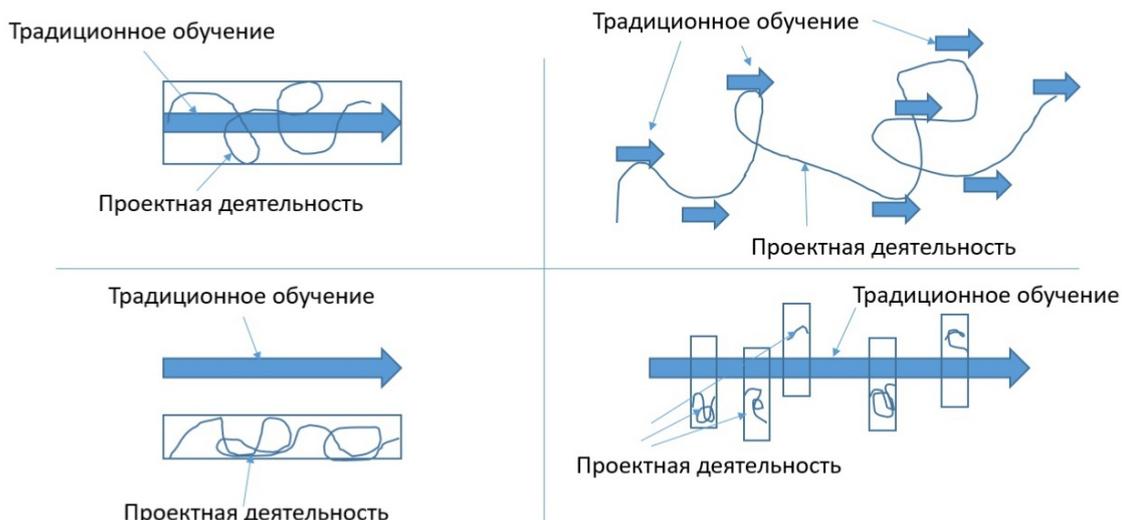


Рисунок №3. Типовые варианты отношения между традиционным обучением и проектной деятельностью в рамках образовательного пространства университета.

Для внедрения в учебный план используются различные формальные инструменты: изменения в учебных планах, отдельные изменения в рабочих учебных программах. Типовые варианты отношения между традиционным обучением и проектной деятельностью в рамках образовательного пространства университета с используемыми механизмами внедрения в учебный план представлены в таблице №2.

Таблица №2. Типовые варианты отношения между традиционным обучением и проектной деятельностью в рамках образовательного пространства университета с механизмами внедрения в учебный план и характерными примерами.

Формат	Как внедряется в учебный план?	Характерные примеры университетов
Проектная деятельность дополняет традиционное обучение на всём его протяжении	Дипломное проектирование	Сколтех, магистратуры ведущих мировых и российских

	Учебно-исследовательская работа Научно-исследовательская работа студента	исследовательских университетов
Традиционное обучение дополняет постоянную проектную деятельность, которая является ядром учебного процесса	Учебный план составлен с учётом формата	Olin College, Maastricht University
Традиционное обучение и проектная деятельность проходят параллельно	Отдельные дисциплины в учебном плане	НИЯУ МИФИ
Проектная деятельность является частью отдельных учебных курсов в рамках традиционного обучения	Рабочие учебные программы дисциплины	МФТИ

Важно отдельно отметить, что ПД в инженерном деле (а именно такая ПД интересна для внедрения в НИИУ МИФИ) требует от студентов на входе начальных профессиональных навыков, которыми студент-первокурсник может не обладать, так владение этими навыками не требуется для поступления в университет (3d-прототипирование, пайка, сборка устройств из электронных компонент и т.д.). Показано, что ключевым недостатком современных образовательных проектных или проблемно-ориентированных

технологий является отсутствие предварительной подготовки студентов к ПД [21-23].

Заключение

Анализ различных технологий внедрения проектной деятельности, проектно-ориентированного обучения, образовательных технологий по принципу «learning by doing» в образовательный процесс показывает значительную актуальность данных методик в образовательных материалах. При этом анализ различных описанных технологий показывает повышенную сложность их реализации в учебном процессе.

Тем не менее существует достаточное число примеров успешного внедрения принципа «learning by doing» в учебный процесс, в том числе и в университетах Российской Федерации, хотя опыт последних пока достаточно слабо описан и задокументирован. Внедрение данного принципа в инженерном образовании сопровождается дополнительными сложностями, которые необходимо решать для организации решения технических задач в рамках проектной деятельности

Список литературы

1. Putin V. National Development Goals of the Russian Federation through 2030.
2. Hernando M. et al. Ten years of cybertech: The educational benefits of bullfighting robotics //IEEE Transactions on Education. – 2010. – Т. 54. – No. 4. – С. 569-575.
3. Somerville M. et al. The Olin curriculum: Thinking toward the future //IEEE Transactions on Education. – 2005. – Т. 48. – No. 1. – С. 198-205.
4. Chan C. K. Y. Facilitators' perspectives of the factors that affect the effectiveness of problem-based learning process //Innovations in Education and teaching International. – 2016. – Т. 53. – No. 1. – С. 25-34.
5. Sedaghat A. Factors affecting the team formation and work in project based learning (PBL) for multidisciplinary engineering subjects //Journal of Problem Based Learning in Higher Education.– 2018. – Т. 6. – No. 2
6. Chan C. K. Y. Facilitators' perspectives of the factors that affect the effectiveness of problem-based learning process //Innovations in Education and teaching International. – 2016. – Т. 53. – No. 1. – С. 25-34.
7. Sedaghat A. Factors affecting the team formation and work in project based learning (PBL) for multidisciplinary engineering subjects //Journal of Problem Based Learning in Higher Education. – 2018. – Т. 6. – No. 2.
8. Marti E. et al. PBL On Line: A proposal for the organization, part-time monitoring and assessment of PBL group activities //Journal of Technology and Science Education. – 2015. – Т. 5. – No. 2. – С. 87-96.
9. Nunez J. L. M., Caro E. T., Gonzalez J. R. H. From higher education to open education: Challenges in the transformation of an online traditional course //IEEE Transactions on Education. – 2016.– Т. 60. – No. 2. – С. 134-142.
10. McQuade R. et al. Knowledge disagreement formulations in problem-based learning tutorials: balancing pedagogical demands with 'saving face' //Classroom Discourse. – 2018. – Т. 9. – No. 3.– С. 227-243.

11. Lutsenko G. Case study of a problem-based learning course of project management for senior engineering students //European Journal of Engineering Education. – 2018. – T. 43. – No. 6. – C. 895-910.
12. Williams M. M. 2011. “PBL Field Deployment: Lessons Learned Adding a Problem-Based Learning Unit to a Traditional Engineering Lecture and Lab Course.” In Proceeding of 2011 ASEE Annual Conference.
13. Hassan H. et al. A multidisciplinary PBL robot control project in automation and electronic engineering //IEEE Transactions on Education. – 2014. – T. 58. – No. 3. – C. 167-172.
14. Servant V. F. C., Dewar E. F. A. Investigating problem-based learning tutorship in medical and engineering programs in Malaysia //Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning. – 2015.– T. 9. – No. 2.
15. Arman A. Students’ attitudes toward problem based learning–Analog electronic course in the electrical engineering programs in PPU case study. – 2018.
16. Setiawan A. W. Implementation of Project-Based Learning in Biomedical Engineering Course in ITB: Opportunities and Challenges //World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2018. – Springer, Singapore, 2019. – C. 847-850.
17. Kim J. An ill-structured PBL-based microprocessor course without formal laboratory //IEEE Transactions on Education. – 2011. – T. 55. – No. 1. – C. 145-153.
18. Clyne A. M., Billiar K. L. Problem-based learning in biomechanics: advantages, challenges, and implementation strategies //Journal of biomechanical engineering. – 2016. – T. 138. – No. 7. – C.070804.
19. Roach K., Tilley E., Mitchell J. How authentic does authentic learning have to be? //Higher Education Pedagogies. – 2018. – T. 3. – No. 1. – C. 495-509.
20. Sedaghat A. Factors affecting the team formation and work in project based learning (PBL) for multidisciplinary engineering subjects //Journal of Problem Based Learning in Higher Education.– 2018. – T. 6. – No. 2.

21. Ota E., Punyabukkana P. Effects of bilateral problem-based learning program for engineering students: Case of a joint course with Japan and Thailand //2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE). – IEEE, 2016. – C. 1-9.
22. Usher M., Barak M. Peer assessment in a project-based engineering course: comparing between on-campus and online learning environments //Assessment & Evaluation in Higher Education. – 2018. – T. 43. – No. 5. – C. 745-759.
23. Wu T. T., Wu Y. T. Applying project-based learning and SCAMPER teaching strategies in engineering education to explore the influence of creativity on cognition, personal motivation, and personality traits //Thinking Skills and Creativity. – 2020. – T. 35. – C. 100631