

Применение PLM-технологий в интегрированном инженерном образовании

Протасова С.В.

Северный (Арктический) федеральный университет имени
М.В. Ломоносова (САФУ), г. Архангельск, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3072-622X>
e-mail: s.protasova@narfu.ru

Бедердинова О.И.

Северный (Арктический) федеральный университет имени
М.В. Ломоносова (САФУ), г. Архангельск, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3664-4276>
e-mail: o.bederdinova@narfu.ru

К современному инженерному образованию предъявляются высокие требования в области трансфера знаний и технологий между университетом и промышленными предприятиями для обеспечения высокой квалификации молодых специалистов. В работе рассмотрены способы применения и функционирования новых производственных технологий как элемента научно-образовательной инфраструктуры университета и проблема их адаптации в научно-образовательном процессе при осуществлении профессиональной подготовки студентов инженерных направлений в рамках проектной деятельности студентов как одного из видов практико-ориентированного подхода в обучении. Формирование прикладных профессиональных компетенций заключается в ориентировании обучающихся на отраслевые технологии, соответствующие направлению подготовки инженеров и разработкой методического, информационного и технологического обеспечения учебных курсов. В настоящее время передовые производственные технологии неразрывно связаны с направлением «технет» и комплексными цифровыми производственными решениями на основе концепции цифровых двойников. В условиях цифровой трансформации высшего образования данные решения возможно внедрять в учебный процесс при осуществлении студентами проектной деятельности для работы в единой цифровой виртуальной производственной модели на основе PLM-технологий (Product Lifecycle Management). Комплексный цифровой подход к проектному обучению позволяет сформировать базис для междисциплинарной командной проектной деятельности студентов инженерных направлений, повысить эффективность интегрированных форм инженерной подготовки на основе сотрудничества с промышленными предприятиями и другими отраслевыми вузами, в том числе на международном уровне.

Ключевые слова: трансфер знаний и технологий, PLM-технологии, интегрированное инженерное образование, практико-ориентированное обучение.

Финансирование. Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства образования и науки РФ, проект № 3625.

Благодарности. Авторы благодарят за помощь в сборе данных для исследования научного руководителя проекта Л.В. Кремлеву.

Для цитаты: *Протасова С.В., Бедердишова О.И.* Применение PLM-технологий в интегрированном инженерном образовании // Цифровая гуманитаристика и технологии в образовании (DHTE 2023): сб. статей IV Международной научно-практической конференции. 16–17 ноября 2023 г. / Под ред. В.В. Рубцова, М.Г. Сороковой, Н.П. Радчиковой. М.: Издательство ФГБОУ ВО МГППУ, 2023. 195–206 с.

Введение

Для обеспечения высокого уровня подготовки инженерных кадров необходим трансфер технологий и знаний между вузом и производственными предприятиями на основе усиления интеграции инженерного образования, науки и производства при реализации совместных образовательных программ и развитии новых форм организации образовательного процесса в условиях цифровой трансформации высшего образования [5]. При этом определяющим вектором новых образовательных стандартов, учебных планов в современных инженерных вузах и технических университетах является компетентностный подход, позволяющий осваивать и наращивать прикладные компетенции студентов на основе сотрудничества вузов с промышленными предприятиями-партнерами и другими заинтересованными сторонами, которые являются заказчиками и потребителями таких компетенций [10].

В ходе развития интеграционных процессов необходимо:

- решать задачи выбора или разработки цифровых образовательных технологий, позволяющих формировать профессиональные компетенции студентов, имеющие выраженный прикладной характер;
- создавать единую образовательную цифровую среду для реализации совместных научно-образовательных проектов, в том числе с международным участием;
- выработать единый подход к подготовке кадров совместно с предприятиями и организациями-партнерами;

- развивать новые форматы совершенствования образовательного процесса с учетом организационно-экономических аспектов и рационального использования материально-технической базы вуза;
- содействовать получению студентами междисциплинарных компетенций в ходе реализации образовательных программ и повышать востребованность выпускников при трудоустройстве;
- повышать квалификацию преподавателей и сотрудников предприятий-партнеров при выборе и применении технологий, которые востребованы современным производством, но еще не внедрены и являются объектом совместных исследований.

Рассмотрение и решение поставленных задач происходит через исследование и анализ многолетней практики подготовки и переподготовки инженерно-технических специалистов различного профиля с компетенциями в сфере информатизации промышленного производства. В ходе исследования использовались методы анализа нормативной документации и системный подход, который оценивает образовательную деятельность с точки зрения соответствия передовым производственным технологиям направления «Технет». Методологической базой исследования выступают положения концепции цифровых двойников как результата применения совокупности технологий сквозной цифровизации производства.

Методы

В настоящее время реализация компетентностного подхода в интегрированном инженерном образовании возможна в различных организационно-экономических и правовых формах [3; 6]. В ряде российских университетов во многих аспектах прослеживается сходство организации интегрированной инженерной подготовки с зарубежными моделями практико-ориентированного образования [11]. В технических вузах при поддержке стейкхолдеров создаются базовые кафедры, научно-образовательные технологические центры, консалтинговые центры и образовательно-технологические кластеры, деятельность которых построена на принципах проектно-ориентированного сотрудничества. При реализации научно-образовательных проектов практико-ориентированное обучение инженеров позволяет повысить адаптивность образовательных программ к изменяющимся потребностям предприятий-партнеров посредством создания гибких учебных планов, формирования индивидуальных образовательных траекторий студентов, интегрирования в научно-производственную практику на предприятиях, создания современных программ дополнительного профессионального

образования, сетевых образовательных программ и организации проектной деятельности обучающихся [12].

Проектная деятельность студентов дополняет традиционные подходы к инженерному образованию возможностями не только воспроизводить знания, но и применять их в процессе решения широкого спектра профессиональных задач, в том числе из смежных областей с учетом социального, экономического и культурного контекста. Существуют различные форматы реализации проектного обучения в ведущих вузах России и зарубежья, в том числе посредством международного сотрудничества [2; 9].

Интегрированное инженерное образование в Северодвинском филиале Северного (Арктического) федерального университета реализуется через систему «завод-втуз», которая объединяет в себе теоретическое обучение с практической подготовкой на базе предприятий Объединенной судостроительной корпорации в соответствии с профилем подготовки, а также на базовых кафедрах и непосредственно в специализированных лабораториях и центрах университета, что обеспечивает требуемый уровень компетенций выпускников. Трудоустройство студентов инженерных направлений по системе «завод-втуз» на отраслевые предприятия происходит на младших курсах, студенты начинают получать заработную плату во время практической подготовки.

Помимо этого, применяются дополнительные организационные формы реализации проектного обучения с привлечением внутренних и внешних экспертов в качестве руководителей проектов и консультантов. Практикуется поддержка университетом отдельных проектных студенческих инициатив или совмещение работ над проектами с университетской образовательной программой в виде выделения части учебной нагрузки в рамках одной дисциплины под проектную деятельность с обязательным выполнением проектов всеми обучающимися. При этом студенты имеют возможность продвигать свои наработки в рамках инженерных конкурсов, научно-практических конференций, сотрудничества с компаниями-заказчиками. Тематика проектов может быть разноплановой. Исследовательские проекты предполагают в качестве результата научно-методические публикации по теме исследования и заявки на гранты для продолжения исследований. Проекты, которые предназначены решить задачи учебного процесса, предполагают разработку лабораторных стендов, учебных макетов, реализацию организационных процессов и систематизацию данных.

Особую значимость представляет проектная деятельность студентов, где в качестве тем проектирования выбираются задачи, решение которых необходимо для производства. Один из принципов проектного подхода состоит в том, что структура учебного процесса и логика познания должна составлять подобие структуры инженерной деятельности, отражающей этапы жизненного цикла создаваемого изделия. Поэтому для таких проектов характерна реализация полного цикла разработки: от формулировки технического задания, до оформления конструкторской документации, разработки технологии, проведения испытаний и получение какого-то продукта или технического решения. Такие проекты выполняются студентами с применением прикладных автоматизированных систем, которые используются на предприятиях. При этом реализация данных проектов требует комплексного цифрового подхода к проектному обучению и организации единого информационного пространства разработок. Выбор цифровых технологий и инструментов, позволяющих вести командную проектную работу и повышающих эффективность проектно-ориентированного обучения должен строиться на тех же принципах, что и в производственной практике. Цифровизация в сфере реального производства связана со сквозными информационными технологиями направления «Технет» и заключается в информационной поддержке изделий на всех этапах их создания [13]. На каждом из этапов используются различные виды автоматизированных систем, предназначенных для наиболее эффективного выполнения конкретного типа инженерных задач, но работа в едином информационном пространстве предприятия и интеграция инженерных данных, полученных на каждом из этапов, обеспечивается системами комплексных PLM-решений (Product Lifecycle Management) [1; 7; 8]. Результатом применения комплексных решений является создание цифровых двойников технических объектов (продуктов), а также процесса производства на основе сложных мультидисциплинарных цифровых и математических моделей с высоким уровнем соответствия реальным материалам, конструкциям и физико-механическим процессам (включая технологические и производственные процессы), которые позволяют значительно «приблизиться» к реальному объекту [14].

Комплексная цифровизация на больших отраслевых предприятиях — это весьма трудоемкий и протяженный во времени процесс особенно в организационном и техническом аспектах. Развернуть цифровую поддержку всего цикла создания продукта в процессе обучения и опробовать ее на студенческих проектах намного более

простая задача, тем более проекты различного инженерного профиля, соответствующие направлениям подготовки университета, как правило, носят междисциплинарный характер и требуют от обучающихся распределенной командной работы с использованием современных цифровых технологий, востребованных на промышленных предприятиях [4].

Практика обучения и анализ дальнейшей профессиональной деятельности более 200 выпускников по программам подготовки и переподготовки инженерных кадров показывает, что инженеры не обладают достаточными системными знаниями и практическим опытом в области сквозной информационной поддержки жизненного цикла изделий, хотя активно используют на рабочих местах отдельные технологии «Технет», в том числе студенты и выпускники с ограниченными возможностями (рис. 1).

Обучение инженеров может проходить на цифровых двойниках, которые предоставляют разработчики таких систем или предприятия в качестве примеров, но освоить PLM-технологии на более глубоком уровне студенты могут, только если самостоятельно реализуют весь цикл создания продукта в единой цифровой проектной среде. Предприятия региона выражают заинтересованность в апробации PLM-технологий и выработке совместных организационно-технических решений и рекомендаций по внедрению их в реальных производственных условиях.

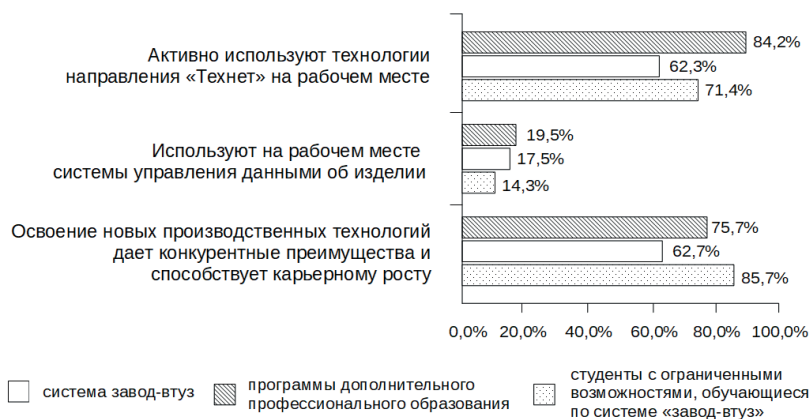


Рис. 1. Анализ профессиональной деятельности студентов и выпускников

Для решения поставленных задач создана структурная модель проектной работы студентов инженерных направлений с примене-

нием PLM-решений управления жизненным циклом изделия в единой цифровой среде разработки (рис. 2), которая основана на интеграции нескольких технологий направления «Технет»:

- технологий цифрового проектирования CAD (Computer-Aided Design), инженерного анализа CAE (Computer-Aided Engineering) и технологической подготовки производства CAM (Computer-Aided Manufacturing);
- технологий управления данными о продукте PDM (Product Data Management);
- систем управления предприятием ERP (Enterprise Resource Planning);
- CNC-технологий (Computer Numerical Control, или ЧПУ – технологическое оборудование с числовым программным управлением) и аддитивных технологий трехмерной печати.

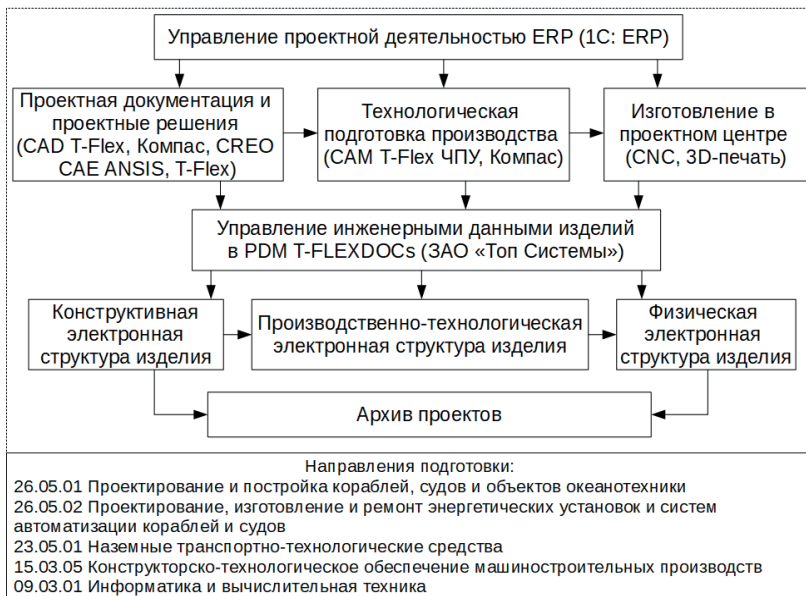


Рис. 2. Структурная модель проектной работы студентов инженерных направлений с применением PLM-решений

Результаты

Подводя итог использования в учебном процессе технологий направления «Технет», следует отметить, что PLM-решения обе-

спечивают единое информационное пространство для работы с инженерными данными на всех этапах совместной проектной работы обучающихся технического профиля. Такой подход обладает следующими преимуществами:

- 1) Возможно поэтапное внедрение в учебный процесс PLM-технологий в сотрудничестве с внешними экспертами параллельно тому, как это происходит на промышленных предприятиях, например, начиная с конструкторско-технологической подготовки производства. Осваивать цифровые компетенции в этом случае могут не только студенты, но и представители предприятий в рамках программ дополнительного профессионального образования.
- 2) Для эффективного использования материально-технической базы проектных лабораторий можно проводить виртуальные, а не натурные испытания посредством модельных исследований созданных цифровых двойников, а не изготавливать опытные образцы.
- 3) Участники проекта осваивают междисциплинарные вопросы разработки, понимают значимость собственной деятельности в общей структуре инженерных задач и связь со смежными производственными этапами.
- 4) Кросс-платформенная PLM-технология позволяет использовать программное обеспечение от различных разработчиков.
- 5) Проектные данные можно хранить в единой цифровой среде и проводить доработку другими командами.
- 6) Реализация проектов в PLM возможна и в дистанционном формате, так как поддерживаются технологии удаленного доступа. Студенты, как и сотрудники предприятий или проектных организаций, могут совместно и распределенно работать над проектами в цифровом пространстве.

Обсуждение

Внедрение PLM в проектное обучение имеет ряд аспектов, которые нужно учитывать и прорабатывать в ходе совершенствования методов реализации технологии:

- 1) Несмотря на кросс-платформенность, внедренные PLM-решения характеризуются накоплением больших объемов определенным образом структурированных и упорядоченных проектных данных в различных форматах, которые будет сложно переносить на другую платформу.

- 2) Стоимость внедрения таких технологий очень высока, хотя большинство разработчиков PLM-решений предлагают университетские версии программных продуктов. Также для предприятий могут существовать ограничения на закупку программного обеспечения от зарубежных разработчиков.
- 3) PLM-решения эффективны не для всех видов проектов.

Литература

1. Булавин В.Ф., Яхричев В.В., Глазков В.А. PLM-стратегия в мелкосерийном производстве машиностроительной отрасли // Известия высших учебных заведений. Машиностроение, 2018. № 8 (701). С. 37–49.
2. Евстратова Л.А., Исаева Н.В., Лешуков О.В. Проектное обучение: практики внедрения в университетах. М.: Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2018. 152 с.
3. Жураковский В.М. Современные тенденции развития инженерного образования на основе интеграции образования, науки и инноваций // Модернизация инженерного образования: российские традиции и современные инновации: сборник материалов международной научно-практической конференции. Якутск: Изд. дом СВФУ, 2017. 312 с.
4. Иванов В.Г., Кайбияйнен А.А., Галиханов М.Ф. Междисциплинарность как вектор развития инженерного образования // Высшее образование в России. 2016. № 8–9. С. 149–160.
5. Инженерное образование на основе интеграции с наукой и промышленностью / Казаков Ю.М. [и др.] // Высшее образование в России. 2020. Т. 29. № 12. С. 105–118. doi: 10.31992/0869-3617-2020-29-12-105-118
6. Интеграция образования, науки и производства: от базиса к реалиям / Фадеев А.С. [и др.] // Высшее образование в России. 2016. № 4. С. 55–63.
7. Кульга К.С. Автоматизация технической подготовки и управления производством на основе PLM-системы. М.: Машиностроение, 2008. 255 с.
8. Левин Д., Малюк В., Ушаков Д. Энциклопедия PLM. Новосибирск: ЛЕДАС, 2008. 448 с.
9. Международный проект ENTER: новый подход к педагогической подготовке преподавателей инженерных дисциплин / Шагеева Ф.Т. [и др.] // Высшее образование в России. 2020. Т. 29. № 6. С. 65–74. doi: 10.31992/0869-3617-2020-6-65-74
10. Организация центров компетенций высокотехнологичных производств / Кремлева Л.В. [и др.]. Архангельск: Институт управления, 2016. 175 с.
11. Стародубцев В.А. Практико-центрированное обучение в высшей школе // Высшее образование в России. 2021. Т. 30. № 5. С. 75–87.

12. *Сухристинина А.С., Зиятдинова Ю.Н., Кочнев А.М.* Сетевое взаимодействие вузов как форма интернационализации: опыт книту // Высшее образование в России. 2016. № 11 (206). С. 103–110.
13. Цифровая экономика — различные пути к эффективному применению технологий (BIM, PLM, CAD, IOT, SMART CITY, BIG DATA и другие) / А.П. Добрынин [и др.] // International Journal of Open Information Technologies. 2016. Т. 4. № 1. С. 4–11.
14. Цифровые двойники в высокотехнологичной промышленности / Боровков А.И. [и др.]. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2019. 62 с.

Информация об авторах

Протасова Светлана Витальевна, кандидат технических наук, заведующий кафедрой проектирования подъемно-транспортного и технологического оборудования, Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3072-622X>, e-mail: s.protasova@narfu.ru

Бедердинова Оксана Ивановна, кандидат технических наук, доцент кафедры математики и информационных технологий, Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3664-4276>, e-mail: o.bederdinova@narfu.ru

Application of PLM Technologies in Integrated Engineering Education

Svetlana V. Protasova

Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, Russia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3072-622X>
e-mail: s.protasova@narfu.ru

Oksana I. Bederdinova

Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, Russia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3664-4276>
e-mail: o.bederdinova@narfu.ru

Modern engineering education demands the transfer of knowledge and technology between the university and industrial enterprises to ensure highly qualified young specialists. The paper examines the methods of application and functioning of new production technologies as an element of the scientific and educational infrastructure of the university and the problem of their adaptation in the scientific and educational process when carrying out professional training of engineering students during project activities as one of the types of practice-oriented approach to teaching. To develop professional competencies and skills required by students, it is necessary to orient students towards industrial technologies and provide a basis of methodological, information and technological support for training courses. Today, advanced manufacturing technologies are directly related to technet and integrated digital manufacturing solutions based on the concept of digital twins. In the context of the digital transformation of higher education, these solutions can be introduced into the educational process when students carry out project activities to work in a single digital virtual production model based on PLM (Product Lifecycle Management) technologies. An integrated digital approach to project-based learning makes it possible to form the basis for interdisciplinary team project activities of engineering students, to increase the effectiveness of integrated forms of engineering training based on cooperation with industrial enterprises and other industry universities, including international level.

Keywords: knowledge and technology transfer, PLM-technologies, integrated engineering education, practice-centered training.

Funding. The reported study was supported by Ministry of Education and Science of the Russian Federation, project number 3625.

Acknowledgements. The authors are grateful for assistance in data collection Kremleva L.V.

For citation: Protasova S.V., Bederdinova O.I. Application of PLM Technologies in Integrated Engineering Education // *Digital Humanities and*

Technology in Education (DHTE 2023): Collection of Articles of the IV International Scientific and Practical Conference. November 16–17, 2023 / V.V. Rubtsov, M.G. Sorokova, N.P. Radchikova (Eds). Moscow: Publishing house MSUPE, 2023. 195–206 p. (In Russ., abstr. in Engl.).

Information about the authors

Svetlana V. Protasova, PhD in Technology, Chair of Department of Design of Handling and Technological Equipment, Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3072-622X>, e-mail: s.protasova@narfu.ru

Oksana I. Bederdinova, PhD in Technology, Associate Professor at the Department of Mathematics and Information Technology, Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3664-4276>, e-mail: o.bederdinova@narfu.ru