



P.A. Sanger

УДК 378

Ключевое взаимодействие между промышленностью и академическим сообществом для создания междисциплинарных реальных студенческих проектов

Университет Пердью, США
P.A. Sanger

Глобальная экономика, в которой живут и действуют инженеры, постоянно изменяется и эволюционирует. Требования к инженерам сегодня включают не только наличие обширных технологических знаний, но также предполагают, что они осознают как применить эти знания для решения реальных проблем. Для этого инженерное образование должно выходить за рамки академического сообщества и обращаться к промышленности. Реальный опыт, которым должны владеть студенты технических специальностей, приходит со стороны промышленности, а не со стороны университетской среды, более ориентированной на исследовательскую деятельность. Данная статья рассматривает доступные пути для развития и расширения взаимодействия между университетом и промышленностью и, в частности, описывает подход, усиленно внедряемый в США, с включением в процесс обучения итоговых междисциплинарных годовых проектов, спонсированных и инициированных работодателями, и реализуемых на последнем году обучения.

Ключевые слова: междисциплинарный подход, инженерное образование, университет/промышленность взаимодействия.

Key words: interdisciplinary approach, engineering education, university/industry relationship.

Вовлечение работодателей в образование. У промышленности и университетов существует несколько путей для построения тесного взаимодействия друг с другом:

1. Коммерциализация интеллектуальной собственности и технических разработок вузов представителями промышленности.

2. Совместные исследования, спонсированные либо представителями промышленности, либо внешними организациями, такими как государственные органы.

3. Участие экспертов от промышленности в образовательном процессе вуза в качестве наставников или приглашенных лекторов.

4. Поддержка обновления лабораторий и ресурсной базы университетов.

5. Организация практик студентов в промышленных компаниях.

6. Разработка проектов для студентов на протяжении всего периода обучения, поддерживающих учебный процесс.

В двух последних категориях включение в учебные планы технических специальностей реальных проектов и опыта, исходящего со стороны работодателей, создает уникальное и неопределимое улучшение образовательного опыта. В частности, включение проектов в учебные планы поддерживает педагогическую философию проектно-организованного обучения (PBL – Project-Based Learning). PBL – одна из современных образовательных технологий, внедряемая универ-

ситетами во всех частях мира с целью подготовки инженеров, способных быть практико-ориентированными, способными решать реальные проблемы инженерии, которые требуются промышленности, которые требуются промышленности. Данный педагогический подход существенно проработан и рецензирован широким кругом экспертов [1, 2, 3].

В зависимости от учебных планов и экономического климата PBL внедряется с помощью различных методов. Важнейшие особенности проектов, реализуемых в рамках проектно-организованного обучения, заключаются в том, что проекты становятся центральным, а не вспомогательным элементом образовательного курса: они сфокусированы на остром вопросе, они требуют преобразования полученных знаний, они в большой степени подконтрольны студентам и, в конце концов, они решают реальные проблемы [1]. Одним из крайне успешных подходов является отбор проектов, обладающих высокой ценностью для местной промышленности. Спонсорская поддержка со стороны работодателей вовлекает промышленность в образовательный процесс жизненно важным коллегиальным образом: проекты представляют собой поиск решений реальных проблем производства, наставники со стороны промышленности являются практикующими экспертами в области инженерии, и полученные от этих проектов средства поддерживают инфраструктуру университета, необходимую для реализации успешных проектов.

Проекты, реализуемые в рамках PBL программы, могут внедряться в учебные планы на разных стадиях, но следующие три подхода являются наиболее распространенными: 1) соревновательные проекты демонстрационного типа, обычно не инициированные работодателями, а создаваемые с педагогическими целями воспитать и апробировать проектные навыки; 2) целенаправленные проекты по отдельным дисциплинам, реализуемые в рамках конкретных учебных курсов; 3) междисциплинарные итоговые проекты, реализуемые на последнем году обу-

чения или на старших курсах, нацеленные на решение комплексных проблем производства, не имеющие единственного готового решения.

Третий тип проектов рассматривается в следующих разделах статьи и демонстрирует ключевую роль промышленности и представителей академического сообщества в подготовке инженеров к сложностям глобального мира.

Междисциплинарные проекты последнего года обучения по запросам работодателей. Одним из наиболее весомых примеров промышленных проектов, являющихся одновременно и экономическими двигателями регионального развития, и стимулами для получения профессионального опыта студентами, является междисциплинарный курсовой проект, реализуемый на старших курсах (или проект последнего года обучения). Во многих университетах такой проект объединяет и синтезирует все результаты обучения студента инженерной специальности, применяя их к решению комплексных реальных проблем. Курсовой проект, реализуемый в рамках программы Школы инженерных технологий Университета Пердью (SoET) на выпускном, обычно четвертом году обучения, комбинирует принципы проектного менеджмента, разработки новых продуктов, и формированию междисциплинарных студенческих команд. Целью проекта является «производство» выпускников инженерных специальностей, которые будут открыты для новых идей, будут чувствовать себя комфортно в среде с различными дисциплинами, и смогут развивать многообещающие идеи в реальные бизнес-предложения. Взаимодействие с местными работодателями создает возобновляемый поток реальных проектов, спонсируемых региональной промышленностью, для создания междисциплинарных проектов, позволяющий командам иметь возможность выбора тем и быть вовлеченными в жизнь региона.

Основными типами выпускного курсового проекта являются следующие:



- **Проекты с открытым решением**, означающие, что у спонсора не должно быть определенного подхода к решению проблемы, его должны выработать студенты. Одной из задач такого проекта является привлечение студентов к определению требований и содержания проекта, затем к работе с неясностями и неопределенностью, исходящими от необходимости рассмотреть различные возможности, к выбору способа решения проблемы, основанного на передовых знаниях, доступных на момент выбора, и к реализации проекта. Это проект, в котором никто не знает верного ответа – ни преподаватель, ни наставники, ни сами заказчики. Студентам необходимо решить все эти проблемы.
- **Комплексные и междисциплинарные проекты**, требующие командной реализации и эффективного взаимодействия между различными дисциплинами. В прошлом выпускные проекты были индивидуальными научно-исследовательскими/проектными работами. Однако в реальном мире инженеры редко действуют в изоляции, и, таким образом, междисциплинарный опыт командной работы является неотъемлемой частью проектной деятельности.
- **Неизвестный элемент**, требующий от студента действия в качестве **самоуправляемого обучающегося**. Даже если определенный тип программного обеспечения или технология, или прибор не рассматривались в рамках какого-либо из предметов, это не означает, что студент не может изучить вопрос самостоятельно, связаться или переговорить с экспертами, в том числе с поставщиком, по данному вопросу и компетентно применить новый элемент.

Итоговые проекты призваны обеспечить студентам возможность макси-

мально интегрировать и синтезировать их образование. Студенческие команды должны решать реальные проблемы в реалистичной среде. Проводится обучение общепризнанным инструментам проектного менеджмента, предполагается их применение в рамках реализации проекта – эти инструменты включают в себя определение состава и объема работ, матрицы требований, процедуры количественного отбора, мозговой штурм и сортировку по приоритету, анализ режимов и эффектов отказа, и планирование тестов. Для данных проектов разработана и применяется концепция учебного расписания, формируемая на основе рабочего плана, основанного на структуре работ и взаимозависимости задач, которые определены графиком Ганта. Применяются стандартные процедуры оценки проекта, посредством которых проект проходит шесть стадий и рубежных отметок: проектная заявка, разработка концепции, предварительный дизайн проекта, критическая оценка дизайна проекта, и, наконец, создание и тестирование, охватывающие весь учебный год. На каждой рубежной отметке разрабатываются презентации, подготавливается письменный отчет и оценивается вклад каждого участника команды на основе применения инструмента оценки своими коллегами. Каждую команду сопровождает, как минимум, один инструктор по дисциплине, кафедральный наставник и наставник со стороны производства, сохраняя при этом условие того, что проектом владеют и управляют, организуют и выполняют студенты. Задача наставника – направлять студентов, а не руководить ими. В некоторых случаях требуется вмешательство со стороны наставника для корректировки направления проекта [5].

Центральная роль инициатора (спонсора) со стороны промышленности. Первая и самая важная обязанность спонсора – предоставлять идеи для проектов, которые являются ценными для компании и, в то же время, допускают определенную степень незавершенности

сти. В университете Пердью спонсорам предлагается вносить определенную плату за каждый проект. В то время как этот взнос играет важную роль в поддержке инфраструктуры, обеспечивающей успешность проектов, второй и ничуть не менее важной ролью таких взносов является гарантия того, что проект, представленный спонсором, действительно является для него важным. Основываясь на опыте автора, простой запрос сделать взнос любого размера способствует генерированию стоящих проектов. Проще говоря, ни у студентов, ни у наставников нет времени, которое они могли бы потратить на проекты, которые не интересуют спонсора.

Памятуя о взносе, важно четко донести до спонсора, что ожидать идеального результата, однако, не стоит. Это учебная задача. Студенты сами управляют проектом. Они должны иметь возможность ошибаться и оправдаться от ошибок. Таким образом, финальный результат может отличаться от ожидаемого, может не быть завершенным продуктом или процессом. Эти проекты, по своей сути – студенческие проекты, и ошибки являются неотъемлемым элементом для улучшения учебного процесса. Несмотря на это, у проекта имеется четкая и непреклонная дата завершения, а именно, окончание обучения студента. Продление проекта невозможно вне зависимости от того, насколько плох результат. В конце семестра проект завершается, и результаты остаются такими, какие они есть. Университет должен играть важнейшую роль в управлении ожиданиями спонсоров как во благо студентов, так и во благо самих спонсоров. Некоторые спонсоры не готовы принять такой расклад и, соответственно, не подходят на роль участников данной программы. Учитывая вышесказанные аспекты, стоит всегда прогнозировать, что компетентный технический прогресс и исследовательские и документальные решения осуществляются и документируются студентами.

Выбор подходящих проектов. Принимая во внимание данные условия, ка-

кие производственные проекты станут хорошими проектами? У большинства компаний больше проблем в их списке проектов по развитию, чем ресурсов, навыков и талантов для их разрешения. Зачастую не происходит никакого прогресса в решении некоторых проблем даже десятилетней давности; а ведь часть вопросов с более низкой приоритетностью являются важными, и, соответственно, могут стать прекрасными и перспективными выпускными проектами. Для того чтобы обойти бюрократические и другие трудноразрешимые проблемы, целенаправленно отбираются те проекты, которые предупреждают необходимость разглашения конфиденциальной информации компании команде проекта, а также проекты, которые преднамеренно нацелены на создание новой интеллектуальной собственности и патентов. Для таких проектов компания и университет могут вступить в контрактные отношения и совместные исследовательские проекты, независимо от программы итоговых проектов, описанной выше в статье.

Некоторые компании считают крайне полезным использование выпускных проектов как инструмента для проработки высоко рентабельных подходов, которые в обычной практике были бы признаны слишком рискованными для внедрения в рамках стандартных проектов компании. Так как выпускные итоговые проекты по своей сути не призваны решать ключевые проблемы компании, такие высоко рискованные подходы могут быть изучены на примере итоговых проектов с возможностью дальнейшего их применения компанией в случае, если в ходе реализации проекта будут выявлены оправданные подходы.

Некоторые компании также подчеркивают важную роль выпускных итоговых проектов для программ повышения квалификации персонала компании. Большая часть инженерных профессиональных программ повышения квалификации сфокусирована на управлении проектами. Малые усилия отводятся на

развитие у сотрудников педагогических навыков, навыков наставника. Наставничество разительно отличается от управления. И, в то же время, одной из крайне важных ролей управленца является наставничество своих подчиненных и коллег. Выступая в роли наставника выпускного итогового проекта, перспективные кандидаты в менеджеры компании получают возможность развить свои педагогические навыки в рамках «безопасной» деятельности.

Некоторые реализованные проекты представлены в табл. 1.

Как видно из таблицы, темы проектов варьируются от исследования новых технологий, проектирования и апробирования альтернативных технологий в области энергетики, до конструирования оборудования по автоматизации производства.

Суммируя вышесказанное, участие в выпускных итоговых проектах обеспечивает следующее:

- Студенты получают опыт работы в реальных инженерных условиях.
- Компании обеспечивают себе прогресс по пренебрегаемым, но важным проектам.
- Компании и студенты получают возможность оценить друг друга на предмет потенциального трудоустройства.
- Компании получают возможность создавать готовых к профессиональной деятельности инженеров, отвечающих их потребностям.

Международные межкультурные проекты. Несмотря на то, что вышеописанные проекты весьма трудозатратны, они не дают студентам возможность понять всю сложность взаимодействия с людьми различных культур, то есть работы в глобальном обществе.

Чтобы ответить на эту дополнительную потребность, в рамках программы Школы инженерных технологий Университета Пердью (SoET) были разработаны международные итоговые проекты [5]. Для международных итоговых проектов ресурсы и содержание курсов расши-

рено и включает историю, лингвистику, психологию и многие другие социальные науки, которые естественным образом встраиваются в контекст и являются важными для успешности проекта.

Такие международные итоговые проекты построены на базе существующей, спонсируемой производством программы междисциплинарных итоговых групповых проектов, но отличаются от нее в некоторых аспектах. В международных проектах половина команды студентов – это студенты из университетов, расположенных вне США. Вся команда работает над проектом, предложенным компаниями с глобальным присутствием как в США, так и в непосредственной близости к зарубежным университетам. Большая часть глобального проекта выполняется с применением полного спектра инструментов электронной коммуникации, таких как электронная почта, скайп, блоги. Коммуникация посредством данных инструментов может быть затруднительной при взаимодействии различных культур. Итоговый план реализации включает в себя минимум 2 поездки команды и ее наставника в университет-партнер. Обычно такие поездки длятся 10 дней, включая оба выходных. Большая часть рабочей недели посвящена интенсивной проектной работе. В идеале первая из таких поездок происходит на ранней стадии проекта и позволяет принять концепцию проектного решения и определить рабочие задания и зоны ответственности. Вторая поездка – это обычно фаза интеграции итоговых разработок. Каждая поездка включает культурный аспект – мероприятия, характерные для принимающей страны. Например, в США такие поездки включают посещение игры в американский футбол и местных достопримечательностей или такие мероприятия, как катание на лыжах, турпоходы, посещение музеев, и т.д. в зависимости от местности. С целью укрепления взаимосвязи между командами, студенты принимающей команды отвечают за трансферы и расселение команды, которая прибывает

Таблица 1. Итоговые проекты последнего года обучения, выполненные в 2015-2016 учебном году в Политехническом институте Пердью

Спонсор	Тема
General Motors	Высокоскоростные системы технического зрения для исследования цепей
Subaru	Решения для ошибок при трансфере машин
GE Aviation	Автоматическое средство удаления полиэтиленовой пленки
GE Aviation	Микроприспособление высокой точности для установки СМС насадки
GE Aviation	Переносное беспроводное считывающее устройство
GE Aviation	Автоматизированный механизм загрузки EMD электродов для изготовления лопасти турбины
GE Aviation	Проверка точности установки комплектующих авиационных двигателей
First Build	Управление кухонной вытяжкой с LED подсветкой при помощи жестов
First Build	Технологии в рамках закона «О защите прав граждан США с ограниченными возможностями»: идеи для применения
Power Sys	Демонстрация работы автономной энергосистемы для системы освещения парковки
Kimball International	Переработка дизайна планшетного стола и системы зарядки
Caterpillar	Обнаружение протечек дизельных двигателей
Caterpillar	Обеспечение надлежащей установки масляного радиатора и водяного коллектора
John Deere	Разработка анимированной карты отключения электричества
John Deere	Разработка системы камер для поддержки работы станции комплектации с использованием робота Baxter
Internafn Idea	Регулятор расхода воды на основе закона идеального газа для контроля системы отопления
Molex	Коммерческая система инфракрасных камер для мониторинга состояния посевов
Biowall	Автоматизированная оценка состояния растений/воды
Eaton (Штамповка)	Автоматизированный парашют для позиционирования и измерения деталей горячих частей двигателя
Eaton (Сборка сцепления)	Совершенствование линии сборки
Eaton (Сборка сцепления)	Мелкие и крупные контроллеры сцепления спин коробки: сбор информации и отчетность
Eaton (Шланги и фурнитура)	Модификация строгального аппарата
Eaton (Шланги и фурнитура)	Устройство для оформления бирок
Fiat Chrysler Automobiles	Управление активами с применением Rfid технологии отслеживания
Международные проекты	
UTEC	Коммунальные услуги: освещение и отопление для удаленной деревни в Андах
Northrop Grumman UTEC	Доступ к интернету для удаленной деревни в Андах
GUT/Flextroncs	Автоматизированная проверка собранных печатных и радиочастотных электронных плат
GUT	Соревнования суден на солнечных батареях в Амстердаме
Stryker/ Нидерланды	Новый принцип ухода за пациентами
Lenze Corp	Терморегулирование и контроль технического состояния приводных двигателей

с визитом. Вместо размещения в отелях члены приезжей команды живут со студентами принимающей команды, либо с преподавателями. Последняя особенность подходит не для всех стран. Однако там, где применялась подобная схема расселения, она пользовалась большой популярностью среди студентов, сокращая расходы спонсорской организации, но, главное, обеспечивая гостям подлинный культурный опыт и развивая построение личных контактов между представителями разных культур. На рис. 1 и 2 представлены два проекта, выполненные в 2014-2015 учебному году.

На рис. 3 отмечены площадки, на базе которых проходили международные проекты, а также те площадки, которые в данный момент развиваются в Австралии, Южной Америке и Европе.

Обратная связь со стороны студентов и спонсоров. Отзывы со стороны промышленных спонсоров высоко по-

ложительны, с 60 процентами положительного отклика. В некоторых случаях проблемы, которые имели место на заводе на протяжении последних 30 лет, наконец, нашли свое решение. Обратная связь со стороны студентов весьма непостоянна от отличных отзывов до низких рейтингов. После проведенных интервью определено, что низкие оценки основываются на том, что данные проекты требуют больших трудозатрат, больше работы, чем в рамках обычного курса, где домашние задания и тесты являются индикаторами успеха. Кроме того, необходимость работать в команде и зависимость от нее в реализации проекта расстраивает некоторых студентов, особенно тех студентов, кто успешно себя проявлял в рамках традиционной структуры учебного плана и мог самостоятельно осуществлять учебную деятельность. Прослеживаются и следующие закономерности: студенты, которые

Рис. 1. Целью проекта Lenze было проектирование, конструирование, и тестирование системы двигателей, вмещающей в цилиндрическую форму: оригинальная система слева и модифицированная система справа.

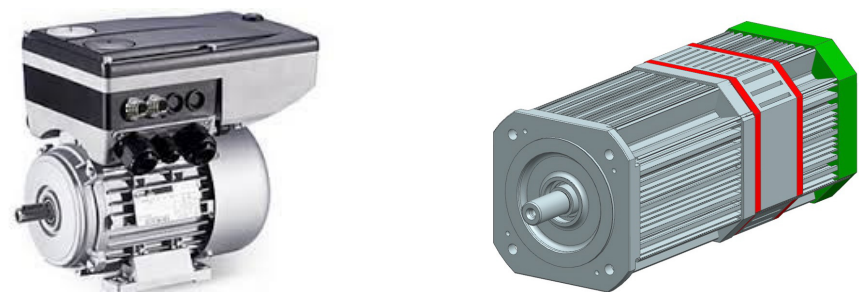


Рис. 2. Проверка заклепки сцепления, произведенная с помощью Анализа изображения (Image Analysis) для корпорации Eaton Corp

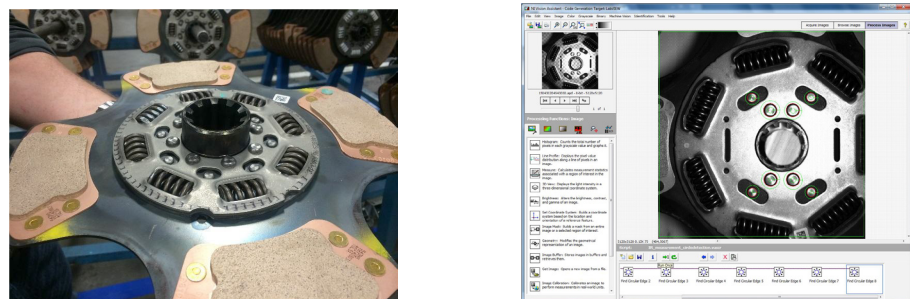
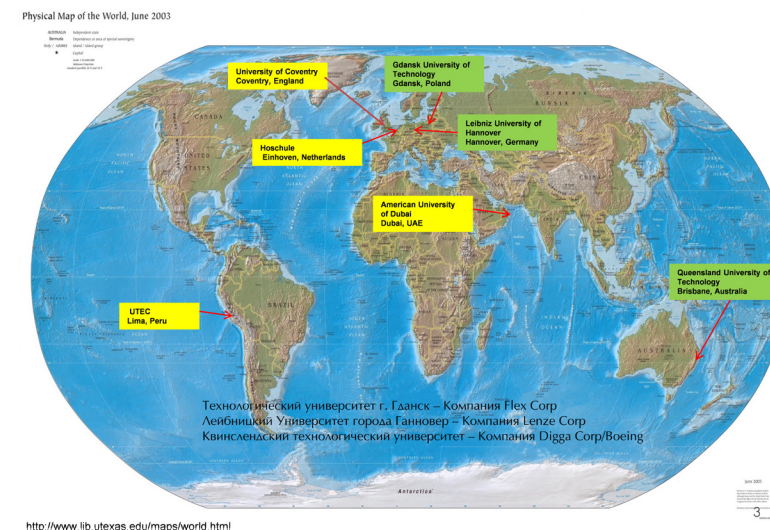


Рис. 3. Площадки по всему миру, где международные итоговые проекты последнего года обучения имели место быть или находятся в разработке (карта заимствована с www.lib.utexas.edu/mnps/world.html)



возвращаются в университет спустя несколько лет профессионального опыта, комментируют, что им не совсем нравился курс в момент его изучения, но в ретроспективе это был лучший курс, в рамках которого им приходилось готовиться к реалиям рабочей деятельности. «Вы были правы» часто звучит не без сожаления.

Заключение. Промышленность играет насыщенную роль в подготовке таких

инженеров, которые смогут эффективно действовать в реальных условиях, решая реальные проблемы. Проекты и производственные практики, представленные со стороны промышленности, являются частью общей картины, необходимой для подобной подготовки. Международные проекты добавляют элемент сложности взаимодействия различных культур в напряженную динамику группового проекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Thomas, J.W. (2000) "A Review of Research on Project-Based Learning", http://w.new-technetwork.org/sites/default/files/news/pbl_research2.pdf.
2. Helle, L., Pdivi, T. and Erkki, O. (2006) "Project-based learning in post-secondary education—theory, practice and rubber sling shots", Higher Education, vol. 51(2), pp. 287-314.
3. Bell, S. (2010) "Project-based learning for the 21st century: Skills for the future", The Clearing House, vol. 83(2), pp. 39-43
4. Sanger, P.A. "Integrating project management, product design with industry sponsored projects provides stimulating senior capstone experiences", International Journal on Engineering Pedagogy, vol 1(2), 2011.
5. Sanger, P. "International student teams solving real problems for industry in senior capstone projects", 2014 SEFI conference, Birmingham, England, in press, 2014.