

Подготовка инженеров-проектировщиков для машиностроения

Быков В. П., канд. техн. наук
Петербургский ГУ путей сообщения
Быков В. В.
ЗАО "Тринидат"

Рассматривается организация обучения студентов проектированию на кафедре "Подъемно-транспортные, путевые и строительные машины" в Петербургском государственном университете путей сообщения Императора Александра I.

Ключевые слова: проектирование, междисциплинарность, концептуализация, распознавание, методы проектирования, теории проектирования, лекции, практические занятия, курсовое проектирование.

The organization of teaching students to design at the Department of "Lifting, Traveling and Construction Machines" at the St. Petersburg State University of Railways of Emperor Alexander I.

Keywords: design, interdisciplinarity, conceptualization, recognition, design methods, design theories, lectures, practical classes, course design.

DOI: 10.5281/zenodo.3822059

В конце прошлого века в период с 05.10.1998 по 09.10.1998 в Париже прошла Всемирная конференция ЮНЕСКО: «Высшее образование в XXI веке: подходы и практические меры». На конференции была принята «Всемирная декларация о высшем образовании для XXI века: подходы и практические меры». На ней отмечалось, в частности, что для совершенствования учебных процессов необходимо поощрять и укреплять новаторство, междисциплинарность и трансдисциплинарность программ, преследуя долгосрочную перспективу, ориентированную на достижение целей и удовлетворение потребностей в социальной и культурной сферах. Следует обеспечивать соответствующую сбалансированность между фундаментальными и целевыми исследованиями, ст. 5(a) и ст. 6(b).

В книге «Переосмысление инженерного образования», написанной группой американских и шведских ученых, [1] отмечается, что к 1990 году критика инженерного образования охватила весь мир. До этой точки бифуркации передовые страны использовали различные подходы к инженерному образованию, но к признанию его несостоятельности пришли практически одновременно.

Для устранения недостатков инженерного образования в книге предлагается использование подхода CDIO (*Conceiving, Designing, Implementing, and Operating*), основанного на формировании базовых технических знаний в контексте планирования, проектирования, производства и применения объектов и систем.

Создавать и использовать трансдисциплинарные программы учебного процесса очевидно перспективно, но это потребует существенно изменить сам учебный процесс. В настоящее время в качестве подхода к трансдисциплинарности в образовании можно построить учебный процесс на междисциплинарной основе. Такой подход предусматривает активное проникновение дисциплинарно разделенных наук друг в друга и появление новых междисциплинарных дисциплин. В основе междисциплинарности образо-

вательного процесса лежит взаимовосполнение содержания отдельных дисциплин на основе единой методологии. Такой подход способствует закреплению получаемых знаний или, как говорят в профессиональной среде, увеличению «остаточных знаний».

Подготовка инженеров-проектировщиков на кафедре Подъемно-транспортных, путевых и строительных машин (ПТПиСМ), Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I, строится на междисциплинарности и концептуализации.

Междисциплинарность

В 1954 году в Ленинградском институте инженеров железнодорожного транспорта (ЛИИЖТ) была открыта специальность "Строительные и дорожные машины и оборудование" на кафедре теории машин и механизмов. С этого времени кафедра стала называться "Теория машин и механизмов и конструкции машин" (ТММиКМ). В этом же году прошёл первый набор студентов на новую специальность. Преподаватели, ведущие до этого занятия по теории и деталям машин, стали заниматься и специальными дисциплинами. Такая учебная организация невольно способствовала междисциплинарности. Это особенно усилилось после прихода на кафедру её выпускников, прошедших открытую на ней аспирантуру и защитивших кандидатские диссертации.

В 1972 году произошло разделение кафедры ТММиКМ с образованием новой кафедры, в настоящее время называемой "Подъемно-транспортные, путевые и строительные машины" (ПТПиСМ).

Стремясь к междисциплинарности на кафедре ПТПиСМ, создается онтология учебного процесса, дающая возможность установить наглядную связь основных понятий специальности, рассматриваемых в разных учебных дисциплинах. Две дисциплины: «Основы научных исследований»(ОНИ) и «Проектирование подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования» уже построены на междисциплинарности. Методически они организо-

ваны так, что основы научных исследований, изучаемые на четвёртом курсе, рассматриваются в контексте проектирования, а проектирование, изучаемое на пятом – в контексте научных исследований. Так, например, в ОНИ для рассмотрения методов исследования: эмпирического, теоретического, логического используются объекты, из дисциплины проектирования, а в дисциплине проектирования эти методы применяются. В обоих курсах затрагиваются различные теории проектирования. До настоящего времени единой теории нет. Есть различные к ней подходы. В ОНИ показываются требования к некоторой совокупности знаний для образования из неё теории, а в курсе проектирования эти требования предъявляются к совокупности рассматриваемых в нем знаний. Таким образом, оба курса взаимно проникают и дополняют друг друга. В результате создаются условия для исследовательского проектирования [2].

С междисциплинарным подходом на кафедре ведутся работы по созданию Системы автоматизированного исследовательского проектирования (САИПР) на основе САПР.

Исследовательское проектирование характеризуется проведением научных исследований на всех стадиях разработки проекта. Так на стадии технического задания на научной основе анализируются требования к объекту проектирования (ОП), проводится их систематизация и ранжирование по важности, формируются цели проектирования и на их основе устанавливаются признаки ОП. Вслед за этим на стадии технического предложения выполняется научный поиск вариантов ОП, принятие решения и анализ принятого решения. Для анализа используются знания, полученные при изучении основ научных исследований. На стадиях эскизного и технического проектов, рабочей документации используется весь арсенал полученных студентами знаний. Конструирование проводится с применением Системы автоматизированного проектирования с включением в неё операций исследовательского характера.

Концептуализация

К настоящему времени достигнуты обширные знания в области проектирования. Пора их систематизировать. Без этого невозможно ни готовить должным образом специалистов, ни повышать уровень автоматизации проектирования. Для систематизации знаний нужна основополагающая концепция, основные понятия, аксиомы. Поиск основополагающей концепции составляет в настоящее время важнейшую задачу науки проектирования.

Существующие в настоящее время концептуализации затрагивают лишь начальные стадии проектирования, техническое задание, техническое предложение. В научной работе кафедры ПТПиСМ ставится задача концептуализации всего процесса проектирования.

Что же может стать основополагающей концепцией проектирования? Ответ на этот вопрос нужно искать в теории познания. В ходе проектирования познается, а лучше сказать распознаётся то, что должно существовать для удовлетворения определенной потребности. Рассмотрение проектирования

с позиций **распознавания** может стать фундаментальным принципом (основополагающей концепцией) проектирования. Отличие распознавания в проектировании от традиционного распознавания заключается в том, что в нем распознается не то, что существует, а то, что должно существовать для удовлетворения определенной потребности. Традиционное и распознавание в проектировании имеют общее в том, что и то и другое построено на признаках распознаваемого объекта, определяемых на основе исследований.

Распознавание при проектировании, как и традиционное – многоуровневый процесс. Он характеризуется последовательными этапами, на каждом из которых объект получает описание на языке признаков, образующее некоторое пространство. На каждом этапе это пространство сужается и поэтому проектирование можно рассматривать как процесс последовательных приближений к распознаваемому объекту. Каждый этап характеризуется своим собственным оператором, содержащим анализ и синтез.

В учебном процессе изложенный подход к проектированию объясняет его стадийность, отражает логику этого процесса, что способствует усвоению изучаемого материала.

Учебный процесс

На лекциях по проектированию излагается история проектирования, даётся обзор с анализом приемов, методов и теорий проектирования. Уделено внимание работе группы DT SIG (Special Interest Group) внутри дизайнерского сообщества, объединенной интересами в области теории проектирования и международным конференциям ICED (International Conference on Engineering Design), проходящих с периодичностью раз в два года в разных городах мира. В одной из них, проходившей году в Гааге, принимали участие авторы статьи с докладом: "The basic concepts of a methodology of designing technical objects".

Проектирование на стадиях технического проекта и рабочей документации рассматривается во всех специальных дисциплинах, используется во входящих в них курсовых работах и проектах. В дисциплине Проектирования подъемно-транспортных, строительных и дорожных средств и оборудования особое внимание уделено начальным стадиям проектирования. Учитывая, что в них приходится иметь дело со многими неопределенностями, или, как их называют, «не» факторами, на лекциях рассматриваются нечеткие математические модели множеств, высказываний, переменных, отношений.

В ОНИ рассмотрение методов научных исследований проводится на примерах исследовательских работ в проектировании. Студентов знакомят с проблемами в проектировании, требующих проведения научных исследований, с объектами и предметами исследований. На практических занятиях студенты рассматривают проблему повышения точности расчетов сопротивления грунта резанию рабочими органами землеройных машин, выполняют обработку экспериментальных исследований по резанию мерзлых грунтов, в рамках теоретических исследований

рассматривают гипотезу взаимного влияния напряжений в грунте, создаваемых зубьями рабочих органов, проверяют совпадение экспериментальных и теоретических данных, полученных на основании выдвинутой гипотезы. Логические исследования применяются для выполнения процедур на начальных стадиях проектирования.

На практических занятиях по проектированию используются различные методы и теории проектирования для поиска технических решений.

Курсовая работа по дисциплине проектирования содержит разработку технического задания и технического предложения определённого объекта. Некоторые из студентов выбирают объект самостоятельно и в дальнейшем используют его и в дипломной работе. Остальным, объект, единый для всех, задается преподавателем. Для этого выбирается объект, который в нашей стране пока не выпускается, например, легкая щебнеочистительная машина для работы на путях промышленного транспорта. В курсовой работе выполняются проектные процедуры на стадиях технического задания и технического предложения:

- Определение потребности проектирования;
- Определение целей проектирования;
- Определение признаков объекта проектирования;
- Поиск вариантов технического решения;
- Принятие решения;
- Анализ принятого решения.

Дисциплина проектирования по учебному плану изучается на пятом курсе в девятом семестре. Это уже последний учебный семестр. Студенты получили весь набор предусмотренных знаний. Это позволяет ставить в курсовой работе задачи, относящиеся к реальной инженерной деятельности. Первые три из перечисленных процедур в курсовой работе выполняются совместно на практических занятиях. Последующие – индивидуально. Исходное задание таково, что предполагает многовариантность объекта проектирования. Каждый студент должен предложить не менее десяти вариантов технического решения. Два из предлагаемых вариантов ОП он может найти прибегая к любому из известных ему методов поиска технических решений, но для остальных должен использовать морфологический метод, лежащий в основе многих других методов и теорий проектирования. Из разработанных вариантов технического решения студенту необходимо выбрать лучший, в большей степени отвечающий целям проектирования, по вытекающим из них критериям, используя матрицу решения[3]. Полученный вариант анализируется, определяют: удельная металлоемкость, удельная энергоёмкость, вероятность безотказной работы.

На кафедре проектирования созданы программы поддержки ранних стадий проектирования, но воспользоваться ими студенты могут только при дипломном проектировании. Выполнять курсовую работу они должны «вручную» для осознанного использования морфологического метода.

В графической части курсовой работы строится 3D модель объекта с учетом требований художественного конструирования. Завершается курсовая

работа выпуском чертежа общего вида объекта, получаемого по модели.

Студенческое конструкторское бюро.

С момента образования специальной кафедры на ней было создано Студенческое конструкторское бюро (СКБ). В нем принимали участие лучшие студенты специальности. Первой работой СКБ стало создание машины для нарезания узких щелей в мерзлом грунте по заказу одной из строительных организаций в Ленинграде. Эта организация занималась круглогодичным строительством жилых и производственных зданий. В зимнее время большим препятствием для строительства было сооружение фундаментов в мерзлом грунте. В строительной организации была создана машина для разрушения мерзлых грунтов сколом, что значительно снижало энергетические затраты на производство земляных работ, но требовало подготовки массива грунта для их выполнения. На кафедру поступил заказ на проектирование машины для нарезания узких щелей в мерзлом грунте. С её помощью планировалась создавать в грунте блоки для их последующего скола. За проектирование такой машины взялось СКБ. Студентами был не только создан проект навесного оборудования к трактору МТЗ80, но и создано это оборудование своими силами во время практики. Комплект машин, включавший машины для скола и нарезания узких щелей представлялся на ВДНХ. Его создатели были удостоены медалями выставки.

Во времена становления автоматизации проектирования в нашей стране кафедра взялась за исследования методического обеспечения САПР. Эта работа всячески поддерживалась в то время ректором института Е.Я. Красковским. Было выделено помещение для кабинета САПР, закупалось необходимое оборудование. Все началось с ЭВМ «Проминь». На её смену поступила «Наири», затем машина СМ-4 с периферийными устройствами для автоматизации проектирования. СКБ активно помогало осваивать оборудование. Его участники выступали в проектных организациях с рассказами о перспективах применения САПР. В то время далеко не все конструкторы владели вычислительной техникой. Более того не верили в возможности автоматизации проектирования. Эйфория в начале внедрения САПР, когда предприятия закупали для него оборудование, создавались специальные службы и отделы, сменилась разочарованием. Оборудование распродавалось, отделы закрывались. Так продолжалось до появления в нашей стране персональных ЭВМ. В проектные организации пришли выпускники вузов, владеющие ЭВМ. Среди них были и выпускники СКБ кафедры.

В настоящее время кафедральный кабинет САПР превратился в лабораторию Методического обеспечения САПР. Участники СКБ продолжают принимать в нем активное участие. С их помощью создан Программно-методический комплекс для автоматизации начальных стадий проектирования с применением нечетких математических моделей, ведутся работы по созданию Системы автоматизированного исследовательского проектирования на базе САПР (САИПР).

Совершенствование учебного процесса подготовки конструкторских кадров для машиностроения на основе междисциплинарности и концептуализации дало возможность улучшить усвоение студентами изучаемого материала и осознание основ проектирования, логики его выполнения

В результате изменений в структуре университета, в состав кафедры ПТПиСМ вошли кафедры тео-

рии машин и механизмов и автоматизации проектирования. Это расширяет возможности применения мультидисциплинарного и мультидисциплинарного, а в дальнейшем и трансдисциплинарного подходов в образовании. Как показала практика учебной работы, студенты осваивают предложенный подход к изучению основ проектирования, успешно применяют его в дипломном проектировании и в профессиональной инженерной деятельности.

Литература:

1. Переосмысление инженерного образования. Подход CDIO/ Э.В. Кроули, Й. Малквист, С. Остлунд, Д.Р. Бродер, К. Эдстрем; пер. с англ. С. Рыбушкиной; под науч. ред. А. Чучалина; исслед. ун-т Высшая школа экономики». – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2015. – 504 с.
2. Быков В.В., Быков В.П. Исследовательское проектирование в машиностроении. – М.: Машиностроение, 2011. – 256 с.
3. Хилл П. Наука и искусство проектирования/пер. с англ. – М.: Мир, 1973. – 270 с.