
Концептуальные основы комплексного моделирования целостной системы инженерной подготовки

Е.В. Штагер

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток

Аннотация: Междисциплинарность является основополагающей категорией функционирования всех систем современной науки, она достигается посредством конвергенции и становится новой формой образовательной среды. В статье представлены концептуальные основы комплексного моделирования целостной системы подготовки специалиста инженерного вуза, актуализирующие междисциплинарные требования к образовательным результатам. Общенаучной базой исследования выбрана методология системного подхода, позволившая разработать универсальный алгоритм дисциплинарного синтеза всех циклов обучения. В результате решения задачи функциональной адаптации образовательной модели на базе интегративных параметров формируется информационная модель междисциплинарных связей. В качестве дидактического продукта междисциплинарной интеграции выступают междисциплинарные цикловые комплексы, управляющим алгоритмом функционирования которых является методология строения и развития общефилософской категории «научная картина мира». Показано, что включение методологических оснований данной категории в процесс организации целостности обучения инженера обеспечивает формы синтеза научного знания на всех уровнях образовательной среды – внутрпредметном, междисциплинарном и трансдисциплинарном. Тем самым реализуется идея конвергенции содержания образования как средства повышения уровня интеграции, что напрямую коррелирует с фундаментальной целью инженерной подготовки – формирование целостного мировосприятия и научного мировоззрения будущего специалиста. Приведен пример методологической организации образовательного процесса инженерного вуза в рамках междисциплинарного подхода.

Ключевые слова: образовательная модель, алгоритм проектирования, стратегия системного моделирования, функциональная адаптация модели, управляющие алгоритмы, междисциплинарность, уровни конвергенции знаний.

Анализ целей и задач современной инженерии, ее теоретическое осмысление дают понимание того, что современное образование должно базироваться на системном синтезе дисциплин всех циклов обучения, что позволит наиболее эффективно формировать у студентов единую целостную картину мира (Science, Technology, Engineering and Mathematics – STEM) [1].

Проблема интеграции процесса обучения в техническом вузе не нова для российской высшей школы – известная «лоскутность» образовательного пространства проявляется и в недостаточной согласованности содержания

образования родственных предметов, и в отсутствии четко сформулированных образовательных целей каждого этапа. В целом данная проблема обсуждается на общероссийских педагогических конференциях. Однако специальных исследований комплексного моделирования структуры и содержания вузовских дисциплин как системных объектов недостаточно.

Современный уровень интеграции научно-технической информации диктует необходимость разработки таких междисциплинарных технологий обучения, которые наиболее эффективно позволят формировать у студентов фундаментальное ядро инвариантных знаний по каждому образовательному направлению. Решающее значение здесь имеет разработка нетрадиционных педагогических решений, ориентированных на обобщенно-аналитическое профессиональное образование и обучение. По-сути, речь идет о необходимости реализации конвергентного подхода в образовательном процессе вуза, актуализирующего междисциплинарные требования к образовательным результатам [2]. Усиление междисциплинарности в развитии всех систем современной науки обуславливает необходимость конструирования процедур комплексной интеграции любого знания.

Необходимо заметить, что в современном образовании конвергентные идеи уже «включены в работу» – культурологическая парадигма образования, компетентностная модель. В.П. Свечкарев конвергентное образование рассматривает с позиций когнитивных технологий, ориентированных не столько на усвоение предметного содержания учебных дисциплин, сколько на формирование способов мышления и деятельности. Такой подход позволяет переориентировать научную деятельность с познавательной функции на проектно-конструктивную [3]. Ученые-естественники, в большинстве своем, задачу конвергенции знаний пытаются решать посредством включения в образовательные программы технических вузов блоков гуманитарных дисциплин, как правило, самостоятельных по

отношению к конечной целевой направленности подготавливаемых специалистов. При этом предлагается организация так называемого «сдвоенного бакалавриата», предполагающего механическое объединение нескольких учебных программ для одного направления подготовки [4]. Межпредметные связи, как фундаментальная категория педагогической науки, также рассматривается как конвергентная педагогическая технология, реализующая теоретико-практические основы межпредметного взаимодействия учебных дисциплин [5]. Однако специальных научных теорий, необходимых для реализации междисциплинарных подходов к обучению не представлено [2].

Принимая идею междисциплинарности в качестве инструмента интеграции знаний, автором в настоящей работе представлены концептуальные основы проектирования междисциплинарной модели подготовки специалиста инженерного вуза. Общенаучной базой выбрана методология системного подхода, позволяющая наиболее эффективно реализовать интегративную функцию самой конструкционной схемы системного проектирования. Данная функция проявляется в том, что системное изучение различных явлений и эффектов в науке предполагает использование общей универсальной ориентировочной основы действий как способа организации исследования. Такая основа действий направлена на поэтапное раскрытие функций, структуры и процессуальных характеристик изучаемого явления. Необходимо отметить, что данная методологическая база положена в основу схемы рассмотрения поведения сложных динамических систем и включает в себя процедуру построения когнитивной модели исследуемого процесса, структурную интерпретацию проблем взаимодействия элементов системы, поиск стратегий достижения цели, обоснование возможных сценариев развития системы [6].

На основании методологии системного подхода для организации процедуры формирования комплексной информационной целостности инженерного знания предложен алгоритм конструирования *междисциплинарной модели подготовки специалиста* (ММПС).

Предлагается поэтапное сущностное выяснение следующих аспектов:

- функциональная направленность модели (целеполагание);
- базовая категория модели как системообразующее основание;
- раскрытие структуры модели на основе базовой категории;
- механизмы управления динамикой модели.

Концептуальные основания предлагаемого комплексного моделирования следующие.

Отправной точкой для выяснения целевой направленности ММПС служит компетентностная модель выпускника, задающая вектор формирования содержания учебных планов подготавливаемых специалистов. Анализ квалификационных компетенций, необходимых для решения профессиональных задач, позволил построить систему целей подготовки, отражающую многофункциональную специфику инженерной деятельности. Так, при выяснении целей функционирования модели были выделены следующие системообразующие конструкты: методологическая компонента (*гносеологический* аспект учебной информации); мотивационные установки (*аксиологический* аспект информационных структур); знаниевая компонента (*эпистемологический* аспект дидактических единиц образовательных программ); технико-ориентированная компонента (*праксиологический* аспект профессиональных видов деятельности). Исследуя функциональную направленность каждой целевой компоненты, необходимо отметить, что две первых задают общий уровень образованности, а две последующих определяют теоретический и профессионально-ориентированный уровни подготовки специалиста. Объединение всех компонент целеполагания в

интегрированный комплекс фундаментальной цели инженерной подготовки можно трактовать как методологию дисциплинарной конвергенции научно - технологического знания инженерии.

Сформированный комплекс целеполагания «руководит» следующим этапом конструирования целостной образовательной модели - определение базовой категории исследуемой системы как основания общей ориентации моделирования. Базовая категория, по своей сути, есть то системообразующее основание, посредством исследования «жизнедеятельности» которого осуществляется процедура раскрытия структуры формируемой модели. В ходе решения этой задачи возникла необходимость «поиска» концептуальной «семантической единицы», различные проявления которой изучаются на всем поле инженерной подготовки. Осуществляя поиск такого конструкта необходимо было исходить из многофункционального характера современной инженерии, предполагающего наличие своеобразного симбиоза знаний разного профиля по созданию и эксплуатации сложных технических сооружений. Рассматривая назначение, технологические параметры, структурную организацию современных технических конструкций, можно сказать, что любая техническая конструкция, по своей сути, является сложной технической системой, состоящей из множества взаимосвязанных элементов, обладающих общим свойством, не сводящимся к свойствам этих элементов по отдельности. Значит, базовая категория формируемой модели, общая для всех направлений политехнической подготовки – техническая система (ТС). Дисциплинарными образами технических систем выступают «механическая система», «электротехническая система», «радиотехническая система» и т.д., являющиеся базовыми структурами различных инженерных специализаций.

Междисциплинарность системообразующей функции понятия «техническая система» проявляется в том, что описание процессов в любой

ТС синтезирует как теоретические методы естествознания (физические теории), так и практико-ориентированные основы инженерных дисциплин специализации. Значит, относительно этого единого основания - ТС, можно объединить все учебные предметы в целостное образовательное пространство инженерного вуза.

Разработка комплекса взаимосвязанных методических процедур включения конструкта ТС в процесс построения ММПС предполагает определение системы конкретных параметров, реализующих его междисциплинарную функцию в учебном процессе. Для выявления процессуальных характеристик ТС использовались существующие принципы методологического анализа научного знания. Конвертируя известные четыре уровня методологического анализа в пространство образовательного функционирования ТС, был выявлен первый интегративный параметр проявлений ТС в междисциплинарном пространстве - *уровни изучения «поведения» ТС*: мировоззренческий; теоретический общенаучный; практико-ориентированный; профессионально-деятельностный. Существующие подходы методологического анализа научного знания напрямую коррелируют с *уровнями научности предметного знания* дисциплин (второй интегративный параметр), что позволило все технические системы разделить на два типа – идеальные, образованные естественными абстракциями (материальные точки, абсолютно твердые тела), и реальные, сформированные деформируемыми твердыми телами и гидрогазообразными средами. В качестве обязательного функционального параметра технической системы необходимо выделить и *«принцип поведения» каждого вида ТС* (третий интегративный параметр), под которым понимается специфическое уравнение описания состояния ТС: кинематика, динамика, статика.

На базе сформированного комплекса параметров «жизнедеятельности» базовой категории решается задача раскрытия структуры формируемой

модели, так называемая конструкционная оптимизация. Для этого необходимо исследовать информационное содержание учебных дисциплин на предмет наличия в них тех или иных параметров ТС, и, как следствие, установить логико-понятийные связи между конкретным набором учебных предметов на уровне всех дидактических элементов. В результате осуществления этой процедуры появляется реальная возможность построения *междисциплинарного информационного графа* (модель междисциплинарных связей) для каждого направления инженерной подготовки. Основными функциональными характеристиками такого графа должны быть детальная конкретизация как логической последовательности изложения фундаментальной компоненты научного знания учебных дисциплин, так и последовательности освоения профессионально-ориентированных видов деятельности.

Исследование особенностей проявлений интегративных параметров ТС на всем спектре учебных дисциплин позволяет выявить «образовательные блоки перехода» - дисциплины, содержание которых наиболее «рефлексивно» по отношению к системным параметрам ТС. На базе таких дисциплин формируются *междисциплинарные цикловые комплексы* (МЦК), в которых эти дисциплины выполняют функцию фундаментального ядра научно-предметного знания.

При разработке концептуальных основ междисциплинарных образовательных технологий, организующих функционирование МЦК (механизмы управления динамикой модели), применяется *методология строения общефилософской категории «научная картина мира»* [7]. Путем включения методологических принципов данной категории в процесс представления фундаментального ядра учебных дисциплин реализуются все формы синтеза современного знания инженерии, что позволяет организовать информативную целостность политехнической подготовки. Так:

1. Сущностное содержание категории «научная картина мира» требует синтеза фундаментальных научных знаний, что осуществляется путем включения в структуру предметной информации учебных дисциплин методологических оснований науки, имеющих основополагающее значение для всех сфер инженерии. К таким инвариантам знаний относят принципы современной физики, глобального эволюционизма, синергетики. Система методологических законов организации современной научной картины мира «руководит» уровнем *трансдисциплинарной интеграции* содержания политехнического образования.

2. *Междисциплинарный синтез* инженерного знания реализуется на базе представлений о «естественнонаучной картине мира» как основном концепте научной картины мира, предоставляющим сведения о структуре и свойствах общеприродной категории «материя» для всех сфер современного естествознания. В свою очередь доминирующее положение в комплексе естественных наук занимает «физическая картина мира», методологический принцип соответствия которой позволяет системно объединить физику и естественные науки вокруг фундаментальных идей современной физической картины мира. Тем самым реализуется *внутридисциплинарный синтез научного знания* как методологический регулятив интеграции знания в рамках отдельных наук инженерных специализаций [8].

Включение методологии категории взаимосвязи картин мира в практику преподавания позволило наиболее оптимально осуществить процедуру анализа и синтеза научного знания на всех уровнях образовательной среды – внутрипредметном, междисциплинарном и трансдисциплинарном. Тем самым реализуется конвергенция содержания образования, что обеспечивается системным единством всех уровней инженерной подготовки, определяя результирующий синтез научных знаний.

Единство процессуальных характеристик функционирования МЦК обеспечивается реализацией общего алгоритма проектирования учебно-методических комплексов дисциплин, представляющего собой следующую программу действий: представить научную теорию дисциплины в виде понятийного графа; сформировать на этой основе логико-дидактическую структуру учебного предмета; разработать соответствующее учебно-методическое сопровождение, реализующее междисциплинарные требования к образовательным результатам.

Включение междисциплинарных цикловых комплексов в учебный процесс в качестве особой интегративной конструкции позволяет обеспечить единство и преемственность научного знания дисциплин и сформировать целостную структуру профессиональной подготовки. Предложенный подход интеграции содержания инженерного образования, основанный на идее формирования целостного миропонимания и научного мировоззрения, напрямую коррелирует с фундаментальной идеей науки, ориентированной на организацию управляемого процесса развития информационно-технологических инновационных параметров человека, общества и цивилизации в целом [9].

Описанная в статье стратегия интеграции образовательного пространства положена в основу организации обучения инженерным специальностям Дальневосточного федерального университета, для которых основным объектом исследования является внедисциплинарная семантическая категория «механическая система». Согласно выстроенной логике исследования, весь спектр учебных предметов разделился на два МЦК: *теоретико-мировоззренческий*, объединивший дисциплины математического и естественнонаучного циклов, и *профессионально-ориентированный*, включивший в себя общепрофессиональный цикл и соответствующие дисциплины специализации [10]. В качестве

«образовательного блока перехода» между данными МЦК проявилась дисциплина «Теоретическая механика», научное и предметное содержание которой реализует одновременно и методологическую компоненту инженерных знаний и практико-ориентированную компетентностную структуру.

Посредством применения системы межпредметных инвариантов (фундаментальное содержание категории «научная картина мира») к структурированию научных понятий классической механики Галилея-Ньютона как инвариантного ядра знания теоретической механики, был сформирован граф категориально-понятийной структуры механики, представленный в виде своеобразного паттерна. Функциональные характеристики данного паттерна («общая модель», «повторяющаяся структура») позволили содержание всех дисциплин внутри каждого МЦК представить в виде взаимосвязанных понятийных блоков (фундаментальные понятия, принципы, законы). Такой подход позволяет организовать единую систему ориентировки во всем множестве базовой инженерной информации. Для обеспечения методической платформы реализации принципа междисциплинарности в качестве связующего звена в поле учебных дисциплин используется «дидактический фрейм», как продукт применения теории искусственного интеллекта к педагогической системе (ДФ) [11]. Каждый ДФ структурирован следующим образом: категориально-понятийный блок фундаментального научного знания «родственных» дисциплин; предметно-теоретический блок учебного материала; профессионально-ориентированная ячейка содержания и процедуры выполнения дидактических единиц самостоятельной работы; элементы «сквозной» рейтинговой системы оценки качества обучения. В структуру фреймов в качестве обязательной профессионально-деятельностной

компоненты знания включен комплекс учебно-познавательных междисциплинарных задач.

Следует отметить, что представленный подход комплексного моделирования целостной системы инженерной подготовки не предполагает жестко детерминированных принципов и форм организации учебного процесса для всего многообразия дисциплин. Предложен общий методологический регулятив организации процесса обучения, позволяющий сформулировать универсальные требования к проектированию целостного образовательного пространства инженерного вуза.

Литература

1. Барбер М., Доннелли К., Ризви С. Накануне схода лавин: высшее образование и грядущая революция / пер. с англ. Микшиной Н. // Вопросы образования. 2013. № 3. С. 152-222. перевод: Barber M., Donnelly K., Rizvi S. An avalanche is coming: higher education and the revolution ahead. Institute for public policy research. 2013. 73 p.
2. Ковальчук М.В. Конвергенция наук и технологий – прорыв в будущее // Российские нанотехнологии. 2011. Том 6. №1-2. С.13-23.
3. Свечкарев В.П. Конвергентное образование на основе когнитивных технологий // Инженерный вестник Дона, 2015, №1. Ч.2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1p2y2015/2887/.
4. Новиков А.Н. Конвергенция образовательных программ бакалавриата в университетском образовании // Ученые записки ЗабГУ. 2017. Том 12. №5. С. 20-26. DOI: 10.21209/2542-0089-2017-12-5-20-26.
5. Алиева Н.З., Некрасова Е.Г. Телесность человека в среде конвергентных технологий // Современные проблемы науки и образования, 2013, №5. URL: science-education.ru/ru/article/view?id=10370.



6. Горелова Г.В. Модель глобальной безопасности и устойчивости, основные индикаторы устойчивого развития // Инженерный вестник Дона, 2010, №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2010/215/.

7. Ефименко В.Ф. Физическая картина мира и мировоззрение. Владивосток: ДВГУ, 1997.160 с.

8. Штагер Е.В. Основы концептуального синтеза базового знания механики // Международная научно-практическая конференция «Фундаментальные основы механики». Новокузнецк: НИЦ МС, 2018. С. 8-11.

9. Khushf G. The Use of emergent technologies for enhancing human performance: Are we prepared to address the ethical and policy issues? Public Policy and Practice. 2005. 4(2). pp. 1-17.

10. Клещева Н.А., Штагер Е.В. Системное проектирование инновационной модели подготовки инженера // Вестник Дальневосточного государственного технического университета, 2010, №2 (4) URL: elibrary.ru/item.asp?id=17746972.

11. Штагер Е.В., Пышной А.М. Принципы формирования «экспортной модели» профессионального знания // Сборник научных трудов SWorld. Одесса: КУПРИЕНКО С.В. 2013. Выпуск 3. Том 17. С. 77-80.

References

1. Barber M., Donnelly K., Rizvi S. Voprosy obrazovanija. 2013. № 3. pp. 152-222.

2. Koval'chuk M.V. Rossijskie nanotehnologii. 2011. V.6. № 1-2. pp. 13-23.

3. Svechkarev V.P. Inzhenernyj vestnik Dona, 2015, №1. P.2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1p2y2015/2887/.

4. Novikov A. N. Uchenye zapiski ZabGU. 2017. V. 12. №5. pp. 20-26. DOI: 10.21209/2542-0089-2017-12-5-20-26.



5. Telesnost' cheloveka v srede konvergentnyh tehnologij [Human body in a convergent technology environment]. URL: science-education.ru/ru/article/view?id=10370 (accessed 22/04/16).
6. Gorelova G.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2010, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2010/215/.
7. Efimenko V.F. Fizicheskaja kartina mira i mirovozzrenie [Physical picture of the world and world view]. Vladivostok: DVGU, 1997.160 p.
8. Shtager E.V. Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija "Fundamental'nye osnovy mehaniki": trudy Novokuznetsk, 2018, pp. 8-11.
9. Khushf G. The Use of emergent technologies for enhancing human performance: Are we prepared to address the ethical and policy issues? Public Policy and Practice. 2005. 4(2). pp. 1-17.
10. Kleshheva N.A., Shtager E.V. Journal of Far Eastern State technical university, 2010, №2 (4). URL: [elibrary.ru / item.asp?id=17746972](http://elibrary.ru/item.asp?id=17746972).
11. Shtager E.V., Pyshnoy A.M. Sbornik nauchnyh trudov SWorld. Odessa: KUPRIENKO S.V. 2013. Release 3. Volume 17. pp. 77-80.