

УДК 378.046.4.016

DOI: 10.26140/anip-2019-0803-0030

**К ВОПРОСУ ФОРМИРОВАНИЯ МЕТАПРЕДМЕТНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ
У МАГИСТРАНТОВ ИНЖЕНЕРНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ**

© 2019

Клещева Нелли Александровна, доктор педагогических наук,
профессор кафедры общей и экспериментальной физики*Дальневосточный федеральный университет
(690950, Россия, Владивосток, улица Суханова? 8, e-mail: klenel@mail.ru)*

Аннотация. Усиление мировоззренческой и социокультурной составляющих процесса обучения магистрантов инженерных специальностей представляет собой одну из важнейших задач повышения качества подготовки современных инженеров. В статье предлагаются два возможных направления решения этой задачи – метапредметный подход к построению содержания учебных курсов и использование интерактивных методов обучения для формирования и развития метакомпетенций будущих инженеров. Возможности метапредметного построения учебного содержания демонстрируются на примере курса «Специальные главы физики». Метапредметный характер физического знания предлагается отображать в виде фреймовых структур физических картин мира (ФКМ). Обоснован выбор методологической платформы для систематизации понятийного аппарата физического знания в рамках каждой ФКМ – теория научных революций Т. Куна. Представлены содержание учебных модулей курса и элементы учебно-методического комплекса. Проанализирован комплекс метакомпетенций, которые могут быть сформированы при внедрении в образовательную практику предлагаемого подхода к построению содержания курса. Широкие возможности интерактивных методов обучения демонстрируются на примере организации образовательного процесса по дисциплине «Методология инженерного образования». Содержательные линии данного курса ориентированы на подготовку магистрантов к педагогической деятельности и на поддержку их социальной и профессиональной мобильности. Практическая часть курса реализована разработкой магистрантами творческого задания «Я – преподаватель». Описаны содержание задания, требования к его презентации, методика экспертной оценки результатов выполнения задания. Представлены некоторые формы деловых и интеллектуально-познавательных игр, обсуждаются перспективы их внедрения в образовательную практику.

Ключевые слова: инженерная магистратура, метапредметный подход, теория научных революций, физическая картина мира, фреймовые структуры представления знаний, метапредметные знания, интерактивные методы обучения, творческие задания, метапредметные компетенции.

**TO THE QUESTION OF THE FORMATION OF METASUBJECT COMPETENCES
FOR MASTERS IN ENGINEERING SPECIALTIES**

© 2019

Klescheva Nelly Alexandrovna, doctor of pedagogical sciences,
professor of the department «General & experimental physics»*Far Eastern Federal University
(690950, Russia, Vladivostok, street Sukhanova, 8, e-mail: klenel@mail.ru)*

Abstract. Strengthening of the humanitarian and socio-cultural components of the training of undergraduates of engineering specialties is one of the most important tasks of improving the quality of training of modern engineers. This article proposes two possible directions for solving this task - a metasubject approach to construction the content of training courses and the using of interactive teaching methods for the formation and development of metacompetences of future engineers. The possibilities of the metasubject construction of educational content are demonstrated on the example of the course "Special chapters of physics". The meta-subject nature of physical knowledge is proposed to be displayed in the form of frame structures of physical world-image (PWI). The choice of the methodological platform for systematization of the conceptual apparatus of physical knowledge within each PWI - the theory of scientific revolutions of T. Kuhn is substantiated. Contents of educational modules of the course and elements of an educational and methodical complex are provided. Complex of meta-competencies which can be formed during the practical educational implementation of the offered approach to course contents construction is analyzed. The wide possibilities of interactive teaching methods are demonstrated on the example of the organization of the educational process for the discipline "Methodology of engineering education". The practical part of the course is implemented by the development of the creative task "I am a teacher" by undergraduates. The content of the task, the requirements for its presentation, the methodology for expert assessment of the results of the task are described. Some forms of business and intellectual-cognitive games are presented. The prospects for their introduction into educational practice are discussed.

Keywords: engineering master, meta-subject approach, theory of scientific revolutions, physical world-image, knowledge frames, metasubject knowledge, interactive teaching methods, creative tasks, metasubject competences.

Мультидисциплинарный характер современных наукоемких технологий и механизмов их реализации предъявляют новые требования к качеству подготовки будущих инженеров. Современный инженер помимо глубоких фундаментальных и прикладных знаний по профилю предполагаемой профессиональной деятельности должен обладать широким спектром метапредметных компетенций, позволяющих ему самостоятельно приобретать новые знания и умения для свободной ориентации в быстро меняющихся информационных и технологических средах. Необходимость обновления методологии и содержания инженерного образования для подготовки конкурентоспособных специалистов широко обсуждается как в отечественных [1-3], так и в зарубежных исследованиях [4-6]. Предлагаются различные подходы к созданию образовательных программ инновационной подготовки инженеров, новые образова-

тельные технологии, средствами которых можно формировать метапредметные компетенции, обсуждается их структура и содержание.

В то же время, не следует считать проблему полностью решенной – полифункциональный характер самой инженерной деятельности, а также многоуровневая семантика такой категории как *метакомпетенция* допускают разработку весьма вариативных подходов к проблеме формирования различных элементов метакомпетенций в рамках образовательного процесса в вузе. Учитывая потенциально широкое информационное поле учебных дисциплин, средствами которых возможна реализация таких подходов, обсуждение возможных концептуальных установок организации данных курсов, проектирование их содержательных линий и методик внедрения в образовательную практику представляет дискуссионный интерес.

В статье представлен опыт разработки двух учебных курсов – «Специальные вопросы физики» и «Методология инженерного образования», имеющих принципиально различное содержание, но общую образовательную ориентированность на формирование таких важных для будущего инженера элементов метакомпетенций, как когнитивная мобильность, креативность, способность к прогнозированию и оценке результатов, умение работать в команде. Оба курса внедрены в систему магистерской подготовки по направлению 11.04.02 – «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» в Дальневосточном федеральном университете. Ниже будет обоснована целесообразность предлагаемой структуры и содержания курсов, отмечены особенности образовательного процесса по дисциплинам.

1. «Специальные вопросы физики». Следует отметить, что к настоящему времени в Российских вузах подобный курс включен в систему магистерской подготовки практически на всех направлениях технической магистратуры. Однако, традиционное построение содержания курса, в основном, ориентировано на более углубленное, чем в бакалавриате, изучение отдельных физических теорий, формирующих соответствующую область технического знания. Вопросы методологии физического и технического знания, общие принципы их построения, т.е. метапредметный характер физического знания, как правило, остаются вне информационной канвы курса. Учитывая высокий образовательный статус магистратуры, было решено ориентировать содержание данного курса не на изложение отдельных разделов физического знания, а на построение системы метазнаний (т.е. знания о том, как «устроено» и структурировано физическое, и соответственно, техническое знание), что должно способствовать формированию определенных метакомпетенций (системное мышление, когнитивные умения и т.д.).

Основной дидактической единицей курса, относительно которой было решено формировать и структурировать учебное содержание курса, была выбрана метапредметная категория – *физическая картина мира* (ФКМ). Физическая картина мира – это высший уровень систематизации знаний, на котором наиболее полно проявляется взаимосвязь физики с философией, логикой и методологией науки [7]. Анализ отечественных и зарубежных концепций логики развития и принципов построения научного знания [8-10] с позиций их адекватности логике развития *физического* знания, позволил выбрать методологическую основу структурирования – теорию «научных революций», предложенную в конце 20 века американским историком науки Т. Куном [11]. Согласно этой теории, процесс развития науки – это смена общих представлений об окружающей действительности, стратегиях научного исследования и методах научной деятельности. Для описания различных этапов в истории науки Кун ввел в рассмотрение фундаментальное понятие – *научная парадигма* – определенное им как система общепринятых в определенный момент времени знаний и методов исследования окружающей действительности. Процесс развития науки Кун рассматривает как циклический процесс смены научной парадигмы «нормальной наукой». Такой подход к процессу развития науки, по-нашему мнению, позволяет раскрыть генезис и развитие всех трех ФКМ, выделенных в методологии физики – механистической (МКМ), электродинамической (ЭДКМ) и квантовополевой (КПКМ), и соответственно продемонстрировать их смену (т.е. научные революции).

Выбор исходных методологических установок для отбора и структурирования учебного знания дисциплины «Специальные вопросы физики» определил информационное поле и логическую структуру курса. Содержание курса структурировано в два модуля. В первом модуле представлены основные этапы развития физической науки от античности до наших дней.

Рассматриваются вопросы методологии научного познания и логики развития научного знания. При построении содержания второго модуля использовался фреймовый подход к представлению знаний, разработанный в теории искусственного интеллекта [12] и достаточно успешно используемый в педагогических исследованиях [13-15]. С позиций парадигматики Т.Куна фрейм «физическая картина мира» был сформирован из двух слотов: слот «научная парадигма ФКМ» и слот «научное знание ФКМ». Исходными понятийными элементами структурирования физического знания выступили фундаментальные философские категории – *материя, движение, пространство, время, взаимодействие*. Заканчивается структурирование физического знания построением *физической теории*. Использование фреймовой структуры позволяет представить всю совокупность физического знания в рамках соответствующей ФКМ в виде логически завершенной взаимосвязанной понятийной платформы, наглядно отражающей «горизонтальные» и «вертикальные» взаимосвязи физического знания и способы его познания. В процессе преподавания можно наглядно продемонстрировать, как появление «аномальных элементов» научного знания, приводит к постепенному изменению представлений о фундаментальных философских категориях, т.е. к смене существующей парадигмы. Так, например, область электрических и магнитных явлений не объяснялась представлениями о материи, как вещественной субстанции и механистической концепцией взаимодействия (концепцией дальнего действия). Изучение закономерностей движения частиц со скоростями, близкими к скорости света не объяснялись представлениями об абсолютных пространстве и времени. Эти научные факты принципиально «расширили» механистическую парадигму, подведя ее к точке бифуркации – произошла научная революция – механистическая картина мира сменилась электродинамической. В свою очередь, в рамках электродинамической картины мира появились элементы знания (тепловое излучение, фотоэффект), объяснение которых привело к введению в науку принципиально отличных от классических представлений о дискретности и корпускулярно-волновом дуализме материи – электродинамическая парадигма сменилась квантовополевой.

Таким образом, основная образовательная цель построения содержания курса была ориентирована на формирование в процессе преподавания не просто совокупности физических знаний, а системы знаний о структуре, принципах организации и логике развития этих знаний, их способах получения, единых для всего естествознания и техники – т.е. метазнаний. Кроме этого, фреймовые структуры представления знаний существенно расширяют спектр когнитивных процессов при изучении учебной информации, способствуют развитию системного и дискурсивного мышления.

Уровень усвоения метазнаний, т.е. уровень сформированности определенных компонент метакомпетенций проверялся по результатам выполнения магистрантами четырех творческих заданий. Первые три задания имели одинаковый формат – необходимо было представить собственное видение структуры и содержания каждой ФКМ и обосновать предлагаемую структуру. Для успешного выполнения этих заданий магистранты должны не только обладать теоретическими знаниями в соответствующей области физики, но и продемонстрировать устойчивые навыки аналитико-синтетических компонент мышления для логического отображения причинно-следственных связей физического знания. Выполнение этих заданий ориентировано на формирование основ научного мировоззрения, проявляющихся в способности ориентироваться в закономерностях развития науки и изменениях в способах научного познания.

Следует отметить некоторые особенности выполнения и репрезентации предлагаемых заданий. Несмотря на то, что физическое знание классической механики,

сформировавшее механистическую картину мира, имманентно наиболее хорошо и однозначно структурировано, первое задание вызвало наибольшую трудность. Этот факт может быть объяснен недостаточной сформированностью у студентов таких важных составляющих метакомпетенций, как способность к структурированию и систематизации научного и учебного знания, регуляция мыслительных процессов, способность к аргументированию представляемых закономерностей. По мере выполнения следующих заданий, несмотря на возрастающую сложность физического знания и его иерархическую многомерность, студенты «расширяли» спектр усвоенных навыков системного анализа исследуемой предметной области, что позволило констатировать определенное развитие когнитивной составляющей метакомпетенций, необходимых современному инженеру.

Четвертое задание имело профессионально-ориентированный характер – магистрантам предлагалось представить и обосновать структуру физического знания, сформировавшего предметную область «Системы и средства связи». Для его успешного выполнения магистранты должны не только обладать знаниями в области физической науки, но и четко представлять структуру и содержание соответствующей предметной области, перспективы ее дальнейшего развития. Выполнение этого задания также способствует формированию таких важных для будущего инженера элементов метакомпетенций, как способность к индуктивно-дедуктивному анализу исследуемой предметной области, критическая самостоятельность при исследовании профессиональных задач, возможность оценивать и прогнозировать «точки роста» в соответствующей сфере профессиональной деятельности.

2. «Методология инженерного образования». Также следует отметить достаточно широкое внедрение в вузах страны учебных курсов, в которых рассматриваются как общие вопросы инженерной педагогики [16-18], так и особенности инженерной деятельности и инженерного мышления [19,20]. Предлагаемый курс обладает определенными признаками новизны, как в содержательной части, так и в практике организации образовательного процесса. Общая трудоемкость дисциплины была определена в 144 часа, из них 18 часов лекционных занятий, 18 часов и 36 практических. Учитывая преобладающий вес практической части курса, предполагающей полностью самостоятельную деятельность каждого магистранта, на самостоятельную работу было отведено 90 часов.

При построении содержания теоретической части курса было решено сосредоточиться на двух содержательных линиях: сравнительный анализ отечественного и зарубежного инженерного образования и современные подходы к оценке профессиональных компетенций. Выбор первой содержательной линии очевиден. В нормативных образовательных документах, определяющих статус магистратуры, отмечается, что одним из видов профессиональной деятельности выпускников магистров может быть преподавание (в том числе в высшей школе). Поэтому, магистранты инженерных специальностей должны получить хотя бы общие представления о принципах организации образовательного процесса, современных педагогических технологиях, используемых в инженерном образовании. Кроме того, изучение передового опыта зарубежного инженерного образования, как расширяет общую эрудицию, так и позволяет будущим специалистам иметь представления о современных требованиях мирового рынка образовательных услуг и об основных тенденциях современного инжиниринга.

Целесообразность включения второй содержательной линии в структуру курса обусловлена тем фактом, что в настоящее время многие компании при приеме на работу осуществляют процедуры экспертных оценок соискателей с использованием компетентностного подхода. Знание выпускниками вузов основных методик

определения профессиональных компетенций и психофизиологических особенностей личности, а также правил интерпретации их результатов может существенно «облегчить» эмоциональный фон, сопровождающий данную процедуру. Кроме того, практическая часть курса была организована таким образом, что магистрантам необходимо было применить полученные знания уже непосредственно во время учебного процесса. Каждый магистрант должен был разработать и представить творческое задание «Я - преподаватель». Содержание задания заключалось в следующем – предложить профессиональную ситуативную задачу и способы ее решения средствами образовательного процесса. В целом, творчество студентов не ограничивалось, но были выставлены определенные начальные условия. Предлагаемая задача должна быть новой в практике образовательного процесса у магистрантов данной группы; педагогические средства решения задачи должны представлять собой интерактивные методы обучения; студенты, представлявшие свои задания – «преподаватели» проводимого занятия – для оценки результатов решения предлагаемых задач должны использовать профессиональные методики определения уровня сформированности профессиональных компетенций.

Оценка результатов выполнения студентами творческих заданий осуществлялась по принципу ассесмент-центра (assessment center) – представляющему собой один из наиболее точных методов оценки профессиональных компетенций [21]. В качестве экспертов привлекались как преподаватели выпускающей кафедры электроники и средств связи, так и работодатели – представители телекоммуникационных предприятий города. Студенты-преподаватели соответствующих мероприятий также выступали в качестве экспертов. Оценки выставлялись экспертами независимо друг от друга. Каждому эксперту был предложен «оценочный протокол», в котором необходимо было оценить уровень сформированности у каждого студента как профессиональных компетенций, обозначенных в образовательном стандарте, так и определенных составляющих метакомпетенций – когнитивных, коммуникативных, творческих, организационных и т.д. После проведения всех мероприятий оценки по каждому студенту были сведены в интегральные оценки по компетенциям, определившие итоговую оценку освоения дисциплины (экзаменационную оценку).

В целом, эксперты достаточно высоко оценивали как выбор педагогических решений творческих заданий, так и их содержательную составляющую. Эксперты-преподаватели отметили достаточно широкий спектр используемых игровых методов обучения, которые представляют интерес для образовательной практики. Это и интеллектуально-развлекательная игра «квиз, плиз», которая может выступать дидактической формой проверки «остаточных» по дисциплине или циклу дисциплин, и деловая игра «хакатон», в формате которой можно организовывать дисциплину «Проектная деятельность» и ряд других интересных решений. Выбор студентами нестандартных форм организации образовательного процесса, с одной стороны, демонстрирует их креативность и творческую реализованность, что весьма актуально для будущего инженера, а с другой – демонстрирует определенную «усталость» от традиционной практики организации учебного процесса, что, безусловно, следует принять во внимание. Эксперты-работодатели отметили ряд интересных проектных решений, предложенных при выполнении отдельных заданий, таких как разработка радиорелейных линий связи, современное решение сетей радиодоступа и имитационное моделирование с помощью аппаратно-программных средств «Arduino».

Таким образом, предлагаемый в данной статье подход к построению содержания курсов и практике организации учебного процесса ориентирован на развитие достаточно большой группы надпредметных умений и

навыков когнитивного, коммуникативного и социально-перцептивного характера. В то же время, следует отметить, что столь сложная задача как формирование компетентностной структуры будущего специалиста, обеспечивающей ему продуктивную работу по специальности, социальную и профессиональную мобильность, не может быть решена средствами одной или нескольких дисциплин. В системе профессиональной подготовки по конкретному направлению в рамках каждой учебной дисциплины должны быть выявлены и обоснованно реализованы содержательные, методические и дидактические средства, с помощью которых можно развивать отдельные элементы метакомпетенций, формирующих личностный и профессиональный статус современного специалиста.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Беляев Арнольд, Лившиц Виктор. *Educational Gap: технологическое образование на пороге XXI века*. Томск: Издательство STT, 2003. 503 с.
2. Гаранина М. Н. *Методология инновационного инженерного образования*. – Казань: Казанская наука, 2012. 342с
3. *Современное инженерное образование: учебное пособие* /А.И. Боровков [и др.]. СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. 80с.
4. Kolmos A. *New trends in engineering education: mega projects and globalization*. – Denmark: Aalborg University, 2011. 162с.
5. Duderstadt J. *Engineering for a Changing World. A Roadmap to the Future of Engineering Practice, Research, and Education*. Wiesbaden, 2013. 56с.
6. Bergmann G., *mal Kompetenz: Thesen zu Kompetenz, Kompetenzentwicklung und Metakompetenz*. URL: http://www.wiwi.uni-siegen.de/inno/pdf/meta-kompetenz_8_mal-1.pdf
7. Ахизер А.И., Рекало М.П.: *Современная физическая картина мира*. Москва: Знание, 1980. 327с.
8. Лакатос И. *Избранные произведения по философии и методологии науки*. М: Академический проект, 2008. 263с.
9. Фейерабенд П. *Избранные труды по методологии науки* / Пер. с англ. и нем. А. Л. Никифорова; М.: Прогресс, 1986. 342с..
10. Эдмондс Д., Айдиноу Дж. Кочерга Витгенштейна: *История десятиминутного спора между двумя великими философами* /Пер. с англ. Е. Канищевой, М.: Новое литературное обозрение, 2004. 138с.
11. Кун Т.: *Структура научных революций*. – М.: Прогресс, 1972. – 316с.
12. Минский М. *Фреймы для представления знаний*. Москва: Энергия, 1979. 152с.
13. Клещева Н.А., Штагер Е.В. *Построение информационных моделей учебных дисциплин (методологические, методические и организационные основы): учебное пособие*. Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 1998. 85с.
14. Максимова Е.А. *Фреймовый подход в педагогических исследованиях // Инновационные проекты и программы в образовании*. 2013. №1. С.9-13.
15. *Креативная педагогика. Методология, теория, практика* [Электронный ресурс]/ А.И. Башмаков [и др.].— Электрон. текстовые данные.— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014.— 320 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12230>.— ЭБС «IPRbooks
16. Кругликов В.Н., *Инженерная педагогика: учебное пособие*. С.-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та, 2018. 89с.
17. Малыгин Е.Н., Фролова Т.А., Чванова М.С. *Инженерная педагогика: учебное пособие*. Тамбов: Издательство ТГТУ, 2005. 80 с.
18. Мелецник А. *Инженерная педагогика. Практика передачи технических знаний*. М.: МАДИ (ТУ), 1998. 156с.
19. Московченко, А.Д. *Философия (методология) науки и инженерного образования (на основе биоавтотрофокосмизма): монография*. Томск: ТУСУР, 2013. 159 с.
20. Сазонова З.С., Четчикова Н.В. *Развитие инженерного мышления – основа повышения качества образования: учебное пособие*. М.: МАДИ (ТУ), 2007. 195с.
21. Михеев Ю., Рыжова Н. *Центр оценки. Шаг за шагом. Навигатор по разработке и проведению*. Москва: Институт тренинга, 2015. 133с.

Статья поступила в редакцию 19.07.2019

Статья принята к публикации 27.08.2019