Опыт формирования у студентов творческого подхода к решению инженерных задач

На основе обобщения опыта преподавания дисциплин "Методология научных исследований", "Методы научного творчества" и др. рассмотрены способы и методы изложения материала, помогающие выработать у студентов проблемный, творческий подход к решению научных и инженерных задач. Отмечено, что изложение материала должно обеспечить освоение студентами не столько конкретных методик сбора информации, инженерного анализа и т.п., сколько методологии поиска и оценки потенциальных или альтернативных решений реальных и сложных проблем. Соответственно преподавание должно основываться на применении активных форм обучения. Рекомендован минимум информации, относящейся к базовым понятиям теории познания и необходимый для освоения методологии исследований. В качестве одного из источников конкретных примеров успешного и творческого решения проблем предложены современные отечественные и зарубежные патенты, собранные и систематизированные в справочниках и монографиях, рекомендованных в данной работе. Показано, что освоение методологии постановки и проведения научных исследований обеспечивает хорошую основу для успешного решения сложных инженерных и научных проблем в профессиональной практике специалистов.

Ключевые слова: методология научных исследований, проблемный подход, активные методы обучения, креативная активность

Perspectives of Science & Education. 2018. 5 (35)

International Scientific Electronic Journal
ISSN 2307-2334 (Online)

Available: psejournal.wordpress.com/archive18/18-05/
Accepted: 12 August 2018
Published: 1 November 2018
No. 5 (35). pp. 94-102.

D. M. LEVIN, L. V. MURAVLEVA

The experience of forming students' creative approach towards engineering problems solution

Based on generalized experience in teaching such subjects as Methodology of Scientific Research, Methods of Scientific Creation etc., content presentation ways and methods, helping to develop students' problem-solving and creative approach to scientific and engineering problems solution, have been observed. It is specified that content presentation should ensure not only students' acquisition of certain information collection methods, engineering analysis etc., but also supply them with potential or alternative real and complex problems solution search and evaluation methodology. Accordingly, teaching should be based on mostly active teaching forms. Minimal information concerning theory of knowledge basic concepts and required for research methodology acquisition is recommended. Domestic and foreign patents, collected and systematized in reference books and monographs, recommended in this work, are presented as one of the sources for successful and creative problem solution particular examples. It is demonstrated that academic research task establishment and conducting methodology acquisition makes a solid ground for complex engineering and scientific problems successful solution in professionals' work experience.

Key words: academic research methodology, problem-solving approach, active teaching methods, creative activity

Введение

У каждой технической науки свое конкретное содержание: объекты, научные понятия, законы. Изучение этого содержания и является задачей, которая ставится перед студентами высшей школы при ознакомлении с каждой новой специальной дисциплиной. Соответственно задаче курсы лекций, учебники, учебные пособия и т.п. строятся по принципу перечисления: частные результаты – обобщающие представления – конкретное применение. Однако при подобном изучении фактического материала любой науки за рамками курса остается самое главное, что делает инженера творцом – понимание логики развития своей науки, представление о том, как было получено новое научное знание, каково объективное содержание тех усилий, которые были затрачены на его получение и, в особенности, для совершения качественного шага вперед. Здесь уже мало знать факты и законы конкретной технической дисциплины, необходимо также иметь представление об основных принципах, лежащих в основе формирования новых научных понятий и законов и определяющих возможные направления их развития. Только знание основных принципов и закономерностей позволяет за частным увидеть общее, правильно его классифицировать, развить и, что самое главное, творчески применить на практике [1-3].

Комплексный подход, системный анализ общих вопросов постановки и проведения научных исследований, принципы и методы применения фундаментальных знаний к решению профессиональных проблем инженерной практики, направленные на повышение инновационной и творческой активности слушателей, является содержанием современной образовательной концепции исследовательско-ориентированного обучения студентов. Для реализации этой концепции в учебные планы магистерской подготовки по техническим направлениям были введены новые дисциплины, имеющие не только информационное, но и методологическое содержание. В учебных планах университетов эти дисциплины могут иметь разные названия: "Методология научных исследований", "Философские проблемы науки и техники", "Основы научных исследований и техника эксперимента" и др., однако содержание этих дисциплин имеет общую образовательную цель – методологическую и практическую подготовку инженеров к творческой деятельности.

Целью данной статьи является изложение некоторых общих закономерностей формирования научного знания, помогающих выработать у студентов проблемный, творческий подход к решению научных и инженерных задач. Материалы этой статьи основаны на обобщении на-

шего опыта чтения подобных методологических дисциплин для студентов естественнонаучного и инженерного направлений.

Методы формирования проблемного подхода к решению инженерных задач

Для формирования творческого и инновационного мышления, способности к научному анализу и поиску путей эффективного применения фундаментальных наук к решению инженерных задач необходим определенный объем информации, относящейся к базовым понятиям теории познания. Как показывает наш опыт, в бакалавриате по естественнонаучным или инженерным направлениям элементы гносеологии являются только одним из разделов дисциплины "Философия" и осваиваются студентами, в общем, в недостаточном объеме. Поэтому изучение дисциплин типа "Методология научных исследований" может быть построено только на основе изложения базовых принципов, методов и приемов теории познания с комментариями и примерами, связанными с конкретными направлениями подготовки слушателей. Отметим основные положения, знание которых способствует освоению студентами методов творческого решения инженерных задач. По нашему мнению, эти положения должны рассматриваться как важная часть содержания рабочих программ и конспектов лекций методологических дисциплин.

1. В настоящее время в основе всей современной науки лежит эмпирический метод познания. Фундаментом эмпирического метода является принцип сперва изучать свойства объектов исследования с помощью эксперимента, опыта, а затем уже выдвигать гипотезы, необходимые для объяснения свойств, и путем доказательств и проверок гипотез получить теоретическое знание. Эмпирический метод сыграл в развитии человеческого знания колоссальную роль. Дело в том, что значение эмпирического факта для науки определяется не его самоочевидностью – это в большинстве своем не так. Утверждение эмпирии в качестве фундамента науки имеет более глубокое обоснование – уверенность, что данные эксперимента не зависят от того, кто и каким образом их получает.

Конечным итогом исследования любых явлений или процессов является получение теоретического знания, являющегося по определению "формой достоверного научного знания, представляющей систему взаимосвязанных утверждений и доказательств и содержащей методы объяснения и предсказания явлений в данной предметной области" [4].

2. Теоретическое знание призвано обобщать, объединять и объяснять знание эмпирическое. Однако было бы неверным видеть критерии истинности теоретического знания непосредственно в данных эмпирического знания. Эмпириче-

ское знание является единственным источником объективной информации, но этот источник характеризует только внешние признаки изучаемого явления. Эмпирическое знание описывает контуры объекта, но не указывает на внутреннюю связь составляющих его явлений, их взаимную обусловленность. Поэтому само по себе эмпирическое знание может в конкретном случае как открывать новые горизонты познания, так и увеличивать объем суеверий и заблуждений. В то же время теоретическое представление о явлении, процессе подвергается многократным взаимопроверкам разнообразными эмпирическими данными, так что достоверность теоретического знания, в принципе, больше истинности конкретного эмпирического факта.

3. Процесс перехода от набора эмпирических фактов к теоретическому знанию составляет конкретное содержание, определяемое понятием "наука". Естественно, что при изучении конкретной дисциплины совершенно необходимо не только усвоение существующего теоретического знания и определенного объема эмпирических фактов, но и четкое понимание принципов переработки прямых или косвенных данных эксперимента в новое научное знание.

Можно отметить следующие универсальные структурные составляющие в науке:

- проблемы или вопросы, которые нужно решить;
- гипотезы, выдвигаемые для объяснения явлений или процессов;
- приемы, с помощью которых производится классификация и проверка гипотез.

Как видно из перечисленных составляющих, на первом этапе любого научного поиска стоят явно или неявно сформулированные вопросы.

Далеко не всегда отчетливо понимается большая роль, которую играют в развитии научного познания хорошо поставленные, призванные или разрешенные к постановке вопросы. Каждый этап развития науки характеризуется определенным набором разрешенных и запрещенных к постановке вопросов и понятий. Скажем, если в современной науке вопрос может содержать понятие вероятность или достоверность, то в средневековой теологии эти слова понимали совсем в другом смысле. Там достоверными называли такие утверждения, которые находятся в Священном писании, папских буллах или в решениях соборов. Те же утверждения, которые находятся в книгах теологов, называли вероятными, сколько бы их не было и как бы они не противоречили друг другу.

Иногда наука как бы опережает себя и дает ответы на еще не поставленные вопросы, и тогда эти ответы оказываются ненужными современникам или не понятыми ими в течение довольно длительного времени. По мере развития науки соответствующий вопрос наконец формулируется и ответ на него или обнаруживается в старых

публикациях, или открывается заново. Поэтому в целом развитие любой науки можно рассматривать как последовательность ответов на ряд глубоких вопросов, и только четко сформулированный вопрос способен запустить механизм поиска нового научного знания, содержащего ответ на него.

Рассмотренные выше три пункта касаются общих вопросов гносеологии. Целесообразность и объем их изложения, в принципе, зависит от решения преподавателя и от его понимания оптимальной архитектуры читаемой дисциплины.

4. Характер и суть вопросов определяет уровень развития научного знания. Возможность постановки вопросов и их форма, в свою очередь, также контролируется действием определенного механизма, который получил название научной парадигмы [5].

Понятие научной парадигмы означает устойчивую систему представлений о научных установках, представлениях и границах науки, своего рода договоренность о том, что нужно считать научным, а что нет. Парадигма как система научных ценностей, критериев доказательности, научности, конечно, может различаться в каких-то частностях у различных научных школ и даже у различных исследователей, она может быть непостоянной и изменяться с течением времени. Однако научная парадигма в любой науке существует всегда и только четкое представление о ней позволяет исследователю поставить вопрос, который с принятой между учеными данной отрасли науки точки зрения является научным и корректным.

Появившись как философское понятие в настоящее время парадигма понимается более конкретно как ключевая идея, схема, модель, лежащая в основе построения концепции научного исследования. Это означает, что по мере расширения наших знаний о каком-то частном процессе или явлении может происходить смена парадигмы его рассмотрения. Так в последние годы произошла смена основной парадигмы физических механизмов роста кристаллов (Н.П.Юшкин), мартенситного превращения (М.П.Кащенко). В разных областях деятельности были сформулированы новые парадигмы разработки иммуномодулирующих препаратов и вакцин, регенеративной медицины. Появились современные парадигмы построения распределенных информационных систем (Э.Танненбаум), фрактальности (А.А.Потапов), цифрового проектирования и моделирования (Simulation&Optimisation), управления знаниями (A.Toffler) и др.

Смена или появление современных парадигм в конкретных областях практической деятельности инженера или исследователя открывает новые пути и возможности для решения практических задач. Поэтому при сборе информации, что всегда является начальным этапом реше-

ния любой проблемы, в дополнение к анализу имеющихся в литературе научных результатов особое внимание следует уделить поиску новых парадигм в предметной области исследователя. Другими словами, нужно искать не только новые факты, но и новые принципы, способствующие решению проблем.

Иногда это касается очень больших и фундаментальных проблем. В ряде случаев появление парадигмы как принципиально новой идеи или неожиданного принципа, приема решения проблемы связано с более конкретными вопросами. Например, это идея воздушной подушки как новый путь решения проблемы снижения гидравлического сопротивления движению кораблей. Еще более частный пример: при обработке криволинейных поверхностей движущаяся шлифовальная лента должна прижиматься силами, всегда направленными перпендикулярно обрабатываемой поверхности. Такими свойствами обладают силы давления, создаваемые, например, жидкостью. Однако шлифовальное устройство, основанное на этом принципе, будет сложным и малопроизводительным. Выход может быть найден, если вспомнить, что есть еще центробежные силы, то есть силы совершенно другой природы, которые также всегда направлены нормально траектории движения. Отсюда следует решение – шлифовальную ленту следует прижимать к обрабатываемой поверхности центробежными силами (А.с. СССР № 518322).

5. Ответ на поставленный научный вопрос строится на основе формальной логики. Однако в науке имеют дело не только с логическими выводами или экспериментальными фактами, но и с понятиями, имеющими косвенное отношение к конкретному содержанию научной истины, но в значительной степени определяющие пути её достижения. Здесь речь идет о гипотезах, постулатах и специфических познавательных установках – эвристиках [5-7]. На эти понятия следует обращать особое внимание, поскольку высокопрофессиональная исследовательская работа возможна только при умелом владении ими.

В основу исследования можно положить самые разнообразные эвристики. Например, в современном естествознании статистическая повторяемость события является основанием для признания реальности наблюдаемого явления. Поэтому познавательная установка ученого – поиск типичного, регулярного, статистически достоверного. Можно представить и обратную установку, нацеливающую на поиск индивидуального, неповторимого. Такой установкой пользуются хорошие педагоги и спортивные тренеры, специалисты по управлению качеством продукции и т.д.

Примерами познавательных установок являются такие эвристики:

- свойства целого сводятся к свойствам составляющих частей (по капле воды можно судить об океане);

- существует соответствие между свойствами объекта исследования и его искусственно сконструированного аналога - совокупности примитивных элементарных объектов (модель реологического поведения упруго-пластической среды в виде совокупности пружин и поршней и т.п.);
- свойства объекта можно адекватно описать в виде математической модели, параметры которой устанавливаются опытным путем (модель "черного ящика") и т.п.

6. Следует выделить особые свойства эвристики. Научные гипотезы проверяются и после проверки перестают быть гипотезами. Постулаты в рамках развиваемой теории истинны, но они могут быть отброшены вместе с теорией, если она не верна. Эвристика же не может характеризоваться понятием истинности. Истина – это то, что может быть найдено при помощи эвристик, но не сами они. Другой вопрос – приведет ли данная установка к постижению истины или ее следует заменить. Очевидно, ошибочный выбор эвристики может дорого обойтись исследователю. Кстати, часто встречающееся не критическое отношение к познавательным установкам приводит зачастую к тому, что эвристики, хорошо зарекомендовавшие себя в одной сфере наук, переносятся в другую сферу, где их познавательная ценность значительно ниже. Это, например, происходит при переносе методов изучения физических и химических объектов на живую природу, язык, общество, и наоборот.

В инженерных науках понятие эвристики может быть сформулировано более узко как совокупность методов, алгоритмов, приемов, способствующих решению творческих задач. Собственно эвристический метод можно представить в виде некоторого алгоритма, описания как нужно действовать в процессе решения задач определенного класса. Приведем несколько примеров эвристических методов, широко применяемых в творческой деятельности:

а) вычленение или разбиение общей задачи на подзадачи стандартного вида (способ разбиения);

б) введение в задачу вспомогательных элементов, параметров, построений, устройств (способ вспомогательных элементов);

в) переформулировка задачи, замена ее равносильной или более простой задачей (способ моделирования);

г) рассмотрение имеющихся частных случаев решения подобных задач с целью нахождения решения задачи в общем виде (индукция).

д) использование для решения задачи явлений, процессов, приемов и свойств (материалов, предметов, конструкций), диаметрально противоположных традиционным (метод антитезиса), и др.

Каждый из эвристических методов имеет свои сильные и слабые стороны, границы применимости, разновидности, вариации, приемы.

Перечень наиболее распространенных эвристических методов с примерами их использования, в частности, в изобретательской практике приведен, например, в работах [6; 8-10].

Приведем пример применения одного из эвристических методов – метода антитезиса для решения проблемы обеспечения стабильности вращения турбины в современных центрифугах и т.п. с частотой вращения свыше 500 Гц. Традиционный прием – применение жесткого вала – в данном случае является неэффективным, поскольку добиться точного уравнивания вала турбины практически невозможно. Проблема решается за счет применения податливого гибкого вала (К.Г.Лаваль). Между прочим, знаменитое "не мытьем, так катаньем" означает два различных и технологически противоположных способа обеспечения продавливания мыльной жидкости через толщу ткани.

7. Решение научной или инженерной проблемы никогда не начинается непосредственно с эксперимента. Этой процедуре предшествует очень важный этап, связанный с выдвижением гипотезы. "Научная гипотеза – это утверждение, содержащее предположение относительно решения стоящей перед исследователем проблемы" [11]. По существу, гипотеза – это главная идея решения. Естественно, что гипотезы должны отвечать принятой научной парадигме, а также ряду общих требований – логичности, непротиворечивости, доказательности и т.п. Кроме того, важными особенностями сформулированных гипотез являются:

достоверность – гипотеза обладает полнотой, общей точностью, основывается на твердо обоснованном знании;

конкретность – служит основой для решения, а не только объясняет суть явления;

проверяемость – должна быть предусмотрена возможность проверки гипотезы на эмпирическом материале;

формализованность – основные предположения гипотезы должны опираться не только на логические доводы, но и быть измеримыми.

В научно-методической литературе предлагаются разнообразные шаблоны формулировок гипотез [12], которые полезно рассмотреть при проведении занятий. Рассмотрим несколько формулировок научных гипотез.

1. При рассмотрении проблемы твердорастворного упрочнения необходимо учитывать изменение локальных значений концентрации твердого раствора вследствие развития равновесного процесса статистической флуктуации концентрации. Наличие в твердом растворе локальных зон флуктуации концентрации может внести дополнительный вклад в торможение дислокаций и динамику развития пластической деформации.

2. В теориях износа учитывается неравномерный нагрев материала вблизи зоны контакта

трущихся пар, что является причиной снижения механических свойств, изменений структуры, развития диффузионных процессов и т.д. Однако выделение тепла при трении реально происходит только в отдельных точках контакта неоднородностей шероховатых поверхностей и в течение короткого времени. Нагрев, производимый точечными источниками, формирует тепловой фронт, распространение которого может иметь волновой характер. Неоднородное температурное поле вызывает появление термических напряжений. Интерференция волн термических напряжений, создаваемых различными тепловыми источниками, может приводить к росту напряжений в отдельных микрообъемах и, как следствие, к развитию различных дополнительных эффектов (восходящая диффузия, появление микротрещин и т.д.).

Выдвижение гипотез является очень важным этапом решения проблем еще и потому, что на практике зачастую в качестве задачи предлагается некая вторичная проблема, которая является следствием или симптомом наличия основной проблемы. Например, если отмечено, что при производстве определенной детали наблюдается высокий процент брака, и это необходимо исправить, то в такой формулировке указана не проблема, а ее следствие. Основная же проблема может быть связана с недостатками в управлении, кадровом обеспечении, несовершенством конструкции, технологии изготовления или их комбинации, возможны и другие причины. Поэтому проблема предварительно должна быть осознана, идентифицирована, и только на следующем этапе следует формулировать рабочие гипотезы, которые будут положены в основу ее решения.

Проверка гипотезы осуществляется путем ее сопоставления с результатами эксперимента. Однако надо иметь в виду, что никакая гипотеза не может быть окончательно обоснована или признана истинной на основе ее экспериментальной проверки. Единственное, что может дать экспериментальная проверка – это показать, что гипотеза не противоречит и поэтому не опровергается результатами наблюдений.

Если гипотеза не противоречит эксперименту, то на ее основе исследователь строит теорию, математическую или логическую.

Следует отметить, что одни и те же наблюдения могут не входить в противоречие не только с рассматриваемой гипотезой, но и со множеством других, в том числе и еще не сформулированных. Ни один благоприятный экспериментальный факт не может служить основанием для преувеличения степени истинности гипотезы. К сожалению, это обстоятельство часто упускается из виду и тогда за истину может выдаваться правдоподобное рассуждение, подкрепленное парой фактов. Для технических наук эта картина, к сожалению, достаточно типична.

8. В современных исследовательских работах принято уделять большое внимание вопросам планирования и статистической обработки результатов эксперимента. Однако и здесь есть определенные тонкости, которые необходимо иметь в виду исследователю.

Любой эксперимент можно планировать, если задана какая-то математическая модель исследуемого объекта или процесса. Но следует заметить, что фактически формулировка модели уже есть гипотеза, которую следует проверить экспериментально. Отметим, что наиболее широко используемой при планировании математический аппарат – полиномиальные модели – требует использования новых логических предпосылок. Так, требуется убежденность в том, что всегда все изменяющиеся величины можно разбить на две группы – зависимые переменные (параметры), ведущие себя как случайные величины, и независимые переменные или факторы – неслучайные величины. Более того, предполагается, что параметров всегда меньше, чем факторов.

Рассматриваемые выше логические предпосылки представляют известное огрубление даже не очень сложных физических систем. Если же за пределами круга основных факторов рассматриваемой модели остаются какие-то неучтенные, но важные факторы – конфаундеры (confounding variables), то в этом случае можно ожидать получение существенно смещенных коэффициентов регрессии и, как результат, появление неисключенной систематической погрешности значений оцениваемых параметров.

Небольшое усложнение системы или увеличение разрешающей способности использованных методов исследования заставляют сделать довольно неудобный вывод: все или значительное большинство параметров физической системы случайны как по самой своей природе, так и по погрешностям в их измерении, и проявление случайности никак нельзя рассматривать как что-то пренебрежимо малое. Если же разделение переменных на независимые и зависимые произвольное, то нарушается основная посылка, на которой базируется математическое планирование.

Определенный прогресс в решении проблем статистического анализа результатов исследований сложных систем может быть получен при использовании различных методов многомерного статистического анализа и, в частности, факторного анализа [13; 14]. Мы рекомендуем использование этого метода для анализа статистических моделей, поскольку факторный анализ позволяет найти ответ на вопрос, правильно ли мы выбрали основные факторы, и может указать на присутствие конфаундера и, в конечном итоге, выявить истинные функциональные параметры, лежащие в основе исследуемого явления или процесса.

Изложение материала п. 8 может сопровождаться демонстрацией примеров, рассмотренных ранее в таких дисциплинах как "Теория вероятности и математическая статистика", "Методы планирования эксперимента" и др.

9. В технических науках специфика исследуемых объектов, как правило, позволяет широко использовать статистические методы построения и проверки гипотез, основанные на детерминированной или вероятностной модели процесса. Этому причиной ряд обстоятельств [15]. Так, рассматриваемые обычно процессы охватывают наиболее примитивные формы движения, для которых возможно предельно абстрактное представление анализируемого объекта. Ход процессов контролируется рядом фундаментальных констант, стабильность которых обеспечивает статистически достоверный характер течения процессов. Структура событий обычно позволяет выявить явления-причины и явления-следствия, что связано с возможностью расчленения объекта исследования на составляющие.

При усложнении структуры объекта исследования, при перерастании его в многофакторную плохо организованную систему процедура проверки гипотез встречает большие затруднения и резко усложняется. В этом случае также следует рекомендовать использование методов многомерного статистического анализа.

Изложение перечисленных выше общих положений когнитивной теории должно сопровождаться анализом конкретных примеров творческого решения научных и инженерных проблем. Однако здесь есть несколько соображений, которые должны быть приняты во внимание.

Во-первых, содержание и способ преподавания дисциплины, скажем "Методология научных исследований", определяется ее главным назначением – это формирование творческой активности специалиста при решении практических проблем. Вне зависимости от конкретной области деятельности специалиста современные практические проблемы характеризуются определенными признаками:

- проблемы зачастую не имеют четкой формулировки;
- отсутствует или затруднен доступ к полезной информации;
- неясен выбор оптимального направления поиска из множества альтернативных решений и не всегда нам очевидны четкие формулировки критериев оптимальности;
- во многих случаях исследуемые проблемы относятся к задачам открытого типа, т.е. допускающие несколько верных ответов, и др.

Поэтому изложение материала должно обеспечить освоение студентами не столько конкретных методик сбора информации, инженерного анализа и т.п., сколько методологии поиска и оценки потенциальных или альтернативных решений реальных и достаточно сложных на-

учных и инженерных проблем. Соответственно преподавание должно основываться на применении активных форм обучения.

Во-вторых, дисциплина "Методология научных исследований" и т.п. является безусловно авторским курсом, специфика и, в определенном смысле, содержание которого будет существенно зависеть от творческого опыта и специфики деятельности лектора. Это безусловно оказывает существенное влияние на характер изложения материала и выбор конкретных примеров творческого и инновационного решения проблем. Здесь каждый лектор сам должен строить свой курс.

В соответствии с используемой нами практикой чтения дисциплин типа "Методы научного творчества" и "Методология научных исследований" на первом этапе основным источником конкретных примеров успешного и творческого решения инженерных и научных проблем являются описания технических решений, основанных на применении физических явлений в механизмах и приборах, а также отечественные и зарубежные патенты, собранные и систематизированные в ряде справочников и монографий [16-22]. Отметим преимущества этих примеров.

1. Проблемы, решения которых представлены в описаниях и формулах изобретения, касаются актуальных проблем и включают неординарные и неочевидные.

2. Патенты могут быть подобраны лектором в соответствии с реальным направлением подготовки магистров и поэтому их анализ может представлять для студентов самостоятельный интерес. Возможно также группирование патентов в соответствии с использованными в них физическими явлениями или процессами.

3. В качестве примеров для анализа можно подобрать патенты, группируя их и по степени сложности или комплексности решаемых в них проблем.

4. Рассмотрение патентов достаточно просто провести в активном режиме обсуждения.

Подбор примеров может быть проведен двояко.

Можно идти от проблемы к способу решения.

1. Во многих производствах осаждение атмосферной пыли на объект является недопустимым. Решение проблемы может быть связано с очисткой атмосферы. Можно найти и другой путь - создать условия, при которых частички пыли будут отталкиваться от объекта. Это достигается путем нанесения на объект положительного электрического заряда (Патент США № 3562509), поскольку частицы пыли, в основном, заряжены положительно.

2. Существует потребность в создании безынерционных микровесов с чувствительностью на уровне 10-15 ... 10-16 Н и достаточно простой схемой регулировки нагрузки. Очевидно, что механическое устройство для управления подоб-

ными микроскопическими объектами создать невозможно. Для решения этой проблемы использовано давление света на элементы уравновешивающей системы микровесов (Патент США № 3590932).

Можно сделать и следующий шаг: если сфокусировать в одной точке несколько световых лучей, то создаваемое ими световое давление будет способно удерживать незначительные по размеру и массе объекты вплоть до мелких клеток и крупных молекул (оптический пинцет).

Второй путь – идти от явлений в сторону поиска областей их практического использования.

1. Парамагнитная восприимчивость материала зависит от температуры (закон Кюри-Вейсса). Измерение парамагнитной восприимчивости можно производить бесконтактным методом при прохождении магнетика через магнитное поле. Во многих случаях необходимо измерять температуру не только на поверхности нагретого материала, но и в его толще. Решение проблемы: температуру материала (например, стального листа и даже сляба в процессе горячей прокатки) можно оценить по величине его парамагнитной восприимчивости (Патент США № 3568050).

2. Одно из термоэлектрических явлений – эффект Пельтье заключается в переносе тепла при прохождении электрического тока в месте спая двух разнородных проводников. При этом эффект зависит от вида контактирующих веществ, силы и направления тока, и не зависит от размеров контактирующих тел. Следовательно, устройства, основанные на этом эффекте, могут быть очень маленькими, и использоваться для регулирования температуры объектов микроскопических размеров, например, для охлаждения катодов приборов вакуумной микроэлектроники и вакуумных интегральных схем (Патент ФРГ № 1299510).

Разумеется, рассмотрение патентных решений должно сопровождаться анализом возможной логики рассуждений, приведших к достижению решения проблемы.

Поскольку при выполнении курсовых работ и сборе материалов для ВКР обязательным элементом является патентный поиск, то на следующем этапе в качестве примеров для анализа можно рассматривать патенты, которые были выявлены самими студентами. Здесь уже речь может идти не только об анализе методов решения проблемы, предложенной в патенте, но и в поиске самими студентами следующих шагов решения этой проблемы. Кстати, рассмотренные на этом этапе материалы могут быть использованы для пополнения базы патентов, рассматриваемых на первом этапе.

Полезным также является разбор нескольких научных публикаций, когда формулируется цель научной работы, а студенты сами должны сформулировать стратегию и рабочие гипотезы исследований.

Как показывает практика, в конечном итоге такая подготовка, дополненная освоением элементов системного анализа, который изучается в специальных дисциплинах, студенты получают достаточно полное представление о творческих и инновационных стратегиях, используемых для решения инженерных и научных проблем.

Заключение

В настоящее время любое проблемное исследование, касающееся инженерных или научных проблем, связано с изучением свойств очень сложных физических или технических

объектов, с проведением материалоемких и дорогостоящих экспериментов. Успех таких исследований может быть обеспечен только четким и осознанным переходом по всей цепочке этапов от постановки научного вопроса до создания теории и, как конечный этап, разработки прогноза характера изменения изучаемой системы или направления дальнейших исследований. Освоение методологии постановки и проведения научных исследований обеспечивает хорошую основу для успешного решения сложных инженерных и научных задач в профессиональной практике специалистов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sharp J.J. Methodologies for Problem Solving: An Engineering Approach // *The Vocational Aspect of Education*. 1991. V. 114, N 4. P. 147-157.
2. Горин Ю.В., Моисеев В.Б., Свистунов Б.Л. Физика в технологии творческой деятельности инженера // *Физическое образование в вузах*. 2005, Т. 11, № 4. С. 51-57.
3. Levin D.M., Ustinova L.A. Practical Aspects of Competence-Based Teaching Approach Realization in Higher Educational Establishments // *International journal of experimental education*. 2014. N 6. P. 23-25.
4. *Философский энциклопедический словарь* / ред.-сост. Е.Ф.Губский [и др.]. М.: ИНФРА-М, 2009. 569 с.
5. Кун Т. Структура научных революций. М.: Прогресс, 1977. 300 с.
6. Пойа Д. Математика и правдоподобные рассуждения. М.: Наука, 1975. 462 с.
7. Латыпов Н.Н., Ёлкин С.В., Гаврилов Д.А. Инженерная эвристика. М.: Астрель, 2012. 320 с.
8. Джонс Дж. К. Методы проектирования, М.: Мир, 1986. 326 с.
9. Буш Г. Я. Методы технического творчества. Рига, Лиесма, 1972. 36 с.
10. Иванов В.В. Эвристические модели в машиностроении. Одесса: АО БАХВА, 2012. 268 с.
11. Сидоренко Н.И. Гипотеза как форма научного познания // *Известия Российского экономического университета им. Г.В.Плеханова*. 2014. № 4(18). С. 10-17.
12. Хайек П., Хавранек Т., Поспелов Д.А. Автоматическое образование гипотез: математические основы общей теории. М.: Наука, 1984. 276 с.
13. Лоули Дж., Максвелл А. Факторный анализ как статистический метод. М.: Мир, 1967, 144 с.
14. Иберла К. Факторный анализ. М.: Статистика, 1980. 398 с.
15. Рузавин Г.И. Неопределенность, вероятность и прогноз // *Философский журнал*. 2009, № 2. С. 77 – 92.
16. Физические эффекты в машиностроении. Справочник / под ред. В.А.Лукьянца. М.: Машиностроение, 1993. 224 с.
17. Денисов С.А. Указатель физических эффектов в изобретательстве [Электронный ресурс]. URL: <https://www.twirpx.com/file/157641/>
18. Денисов С.А., Ефимов В.Е., Зубарев В.В., Кустов В.П. Справочник физических эффектов [Электронный ресурс]. URL: <https://www.twirpx.com/file/877651/>
19. Физические явления и эффекты в технических системах / В.Л. Бурковский, Ю.Н. Глотова, Д.А. Ефремов, А.В. Романов. Воронеж: Воронежский гос. тех. ун-т, 2007. 247 с.
20. Горин Ю.В., Землянский В.В. Создание новых технических решений на основе использования физических эффектов и явлений. Пенза: ПГТА, ПКУ и ПТ, 2005. 60 с.
21. Список физических эффектов и явлений / М.И. Вайнерман, Б.И. Голдовский, В.П. Горбунов [и др.]. Горький: Горьковский народн. ун-т науч.-техн. творчества, 1979. 166 с.
22. Messler R.W. Engineering Problem-Solving 101: Time-Tested and Timeless Techniques. New York: McGraw-Hill Education. 2013. 288 p.

REFERENCES

1. Sharp J.J. Methodologies for Problem Solving: An Engineering Approach. *The Vocational Aspect of Education*. 1991. Vol. 114, no. 4. pp. 147-157.
2. Gorin Yu.V., Moiseev V.B., Svistunov B.L. Physics in the Technology of Creative Activity of Engineer. *Fizicheskoe obrazovanie v VUZah - Physical education in high school*. 2005, Vol. 11, no. 4. pp. 51-57. (in Russian)
3. Levin D.M., Ustinova L.A. Practical Aspects of Competence-Based Teaching Approach Realization in Higher Educational Establishments. *International journal of experimental education*. 2014. no. 6. pp. 23-25.
4. *Filosofskij ehnciklopedicheskij slovar'* [Philosophical Encyclopedic Dictionary] / Edit. E.F.Gubskij [and others]. Moscow, INFRA-M Publ., 2009. 569 p. (in Russian)

5. Kuhn T. *Struktura nauchnyh revolyucij* [The Structure of Scientific Revolutions]. Moscow, Progress Publ., 1977. 300 p. (in Russian)
6. Polya G. *Matematika i pravdopodobnye rassuzhdeniya* [Mathematics and plausible reasoning]. Moscow, Nauka Publ., 1975. 462 p. (in Russian)
7. Latypov N.N., Yolkin S.V., Gavrilov D.A. *Inzhenernaya ehvristika* [Engineering Heuristics]. Moscow, Astrel' Publ., 2012. 320 p. (in Russian)
8. Jones J.C. *Metody proektirovaniya* [Design methods]. Moscow, Mir Publ., 1986. 326 p. (in Russian)
9. Bush G.Ja. *Metody tehnikeskogo tvorchestva* [Methods of technical creativity]. Riga, Liesma Publ., 1972. 36 p. (in Russian)
10. Ivanov V.V. *Jevristicheskie modeli v mashinostroenii* [Heuristic models in mechanical engineering]. Odessa, AO BAHVA Publ., 2012. 268 p. (in Russian)
11. Sidorenko N.I. Hypothesis as a form of scientific cognition. *Izvestija Rossijskogo jekonomicheskogo universiteta im. G.V.Plehanova - Proceedings of the G.V. Plekhanov Russian Economic University*. 2014. no. 4(18). pp. 10-17. (in Russian)
12. Hajek P., Havranek T., Pospelov D.A. *Avtomaticheskoe obrazovanie gipotez: matematicheskie osnovy obshhej teorii* [Mechanizing Hypothesis Formation: Mathematical Foundations for a General Theory]. Moscow, Nauka Publ., 1984. 276 p. (in Russian)
13. Lawley D., Maxwell A. *Faktornyj analiz kak statisticheskij metod* [Factor Analysis as a Statistical Method]. Moscow, Mir Publ., 1967, 144 p. (in Russian)
14. Iberla K. *Faktornyj analiz* [Factor Analysis]. Moscow, Statistika Publ., 1980. 398 p. (in Russian)
15. Ruzavin G.I. Uncertainty, Probability and Prognosis. *Filosofskij zhurnal - Philosophy Journal*. 2009, no 2, pp. 77 – 92. (in Russian)
16. *Fizicheskie ehffekty v mashinostroenii. Spravochnik* [Physical effects in mechanical engineering. Handbook] / Edit. V.A.Luk"yanec. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1993. 224 p. (in Russian)
17. Denisov S.A. *Ukazatel' fizicheskikh ehffektov v izobretatel'stve* [Index of physical effects in invention] Available at: <https://www.twirpx.com/file/157641/> (in Russian)
18. Denisov S.A., Efimov V.E., Zubarev V.V., Kustov V.P. *Spravochnik fizicheskikh ehffektov* [Handbook of Physical Effects] Available at: <https://www.twirpx.com/file/877651/> (in Russian)
19. Burkovskij V.L., Glotova Yu.N., Efremov D.A., Romanov A.V. *Fizicheskie yavleniya i ehffekty v tekhnicheskikh sistemah* [Physical phenomena and effects in technical systems]. Voronezh, Voronezh State Tech. University Publ., 2007. 247 p. (in Russian)
20. Gorin Yu.V., Zemlyanskij V.V. *Sozdanie novykh tekhnicheskikh reshenij na osnove ispol'zovaniya fizicheskikh ehffektov i yavlenij* [Creation of new technical solutions based on the use of physical effects and phenomena]. Penza, PGTA, PKU and PT Publ., 2005. 60 p. (in Russian)
21. Vajnerman M.I., Goldovskij B.I., Gorbunov V.P., and others. *Spisok fizicheskikh ehffektov i yavlenij* [List of physical effects and phenomena]. Gorky, Gorky People's Univ. of Sci. and Tech. Creativity, 1979. 166 p. (in Russian)
22. Messler R.W. *Engineering Problem-Solving 101: Time-Tested and Timeless Techniques*. New York: McGraw-Hill Education. 2013. 288 p.

Информация об авторах

Левин Даниил Михайлович

(Россия, Тула)

Профессор, доктор физико-математических наук,
профессор кафедры физики
Тульский государственный университет
E-mail: danlevin48@gmail.com

Муравлева Людмила Владиславовна

(Россия, Тула)

Доцент, кандидат технических наук,
доцент кафедры физики
Тульский государственный университет
E-mail: mmila22@mail.ru

Information about the authors

Daniil M. Levin

(Russia, Tula)

Professor, Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
Professor of the Department of Physics
Tula State University
E-mail: danlevin48@gmail.com

Lyudmila V. Muravleva

(Russia, Tula)

Associate Professor, PhD in Technical Sciences,
Associate Professor of the Department of Physics
Tula State University
E-mail: mmila22@mail.ru

Ссылка для цитирования^{ГОСТ}

Левин Д. М., Муравлева Л. В. Опыт формирования у студентов творческого подхода к решению инженерных задач // Перспективы науки и образования. 2018. № 5 (35). С. 94-102. doi: 10.32744/pse.2018.5.10

For Reference^{APA}

Levin, D. M., & Muravleva, L. V. (2018). The experience of forming students' creative approach towards engineering problems solution. *Perspektivy nauki i obrazovania – Perspectives of Science and Education*, 35 (5), 94-102. doi: 10.32744/pse.2018.5.10. (In Russ., abstr. in Engl.)