

DOI: 10.12731/2218-7405-2016-4-47-60

УДК 37.031.1: 378.6: 378.147

МОДЕЛЬ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ СПОСОБНОСТЕЙ ИНЖЕНЕРА, И ЕЕ РЕАЛИЗАЦИЯ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ФИЗИКЕ

Гундырев В.Б., Королева Е.Н., Лосев В.В., Морозова Т.В.

В статье рассмотрена модель физико-математических способностей инженера с точки зрения структуры и генезиса инженерного образования. Рассмотрены различия между понятиями «инженерная деятельность» и «деятельность инженера». Проведен анализ компонентов инженерного и физико-математического мышления. Для формирования и развития компонентов модели в процессе изучения студентами курса общей физики используются специализированные подборки задач.

Ключевые слова: инженерное образование; инженерная деятельность; физико-математические способности; модель способностей.

MODEL OF PHYSICAL AND MATHEMATICAL ABILITIES OF ENGINEER AND ITS IMPLEMENTATION IN TEACHING PHYSICS TO STUDENTS

Gundyrev V.B., Koroleva E.N., Losev V.V., Morozova T.V.

A model of physical and mathematical abilities of an engineer is considered from viewpoint of structure and genesis of engineering education. Differences between notions of «engineering» and «engineer's activities» have been considered. Components of engineer thinking and those of physical and mathematical thinking have been analyzed. Specialized sets of problems are used to form and develop the model components while teaching general physics to students.

Keywords: *engineering education; engineering activities; physical and mathematical abilities; abilities model.*

Введение

Сущность инженерной деятельности, в основе которой лежит инженерное проектирование, заключается в отыскании системы или элемента, который будет давать определенный выход (результат) при заданном воздействии на его вход или поиск входного воздействия, при котором известная система или элемент дадут необходимый отклик [2, 240].

Важно различать понятия «инженерная деятельность» и «деятельность инженеров». «...Инженерную деятельность следует рассматривать независимо от того, кем она реализуется» [6, 115]. Действительно, часто инженерам приходится при необходимости выполнять техническую, а иногда и научную деятельность, а крупные ученые обращаются к изобретательству, конструированию и проектированию. Заметим, что в допетровское время использовалось слово «розмысл», происхождение которого в русском языке вполне понятно, а слово «инженер», введенное в русский язык во времена Петра I, восходит к латинскому «ingenium» – способность, изобретательность, остроумное изобретение. По своей исходной сути это слово обозначает творца нового в материальной сфере – сегодня, фактически, новых технических систем. В.М. Приходько и З.С. Сазонова инженерную деятельность характеризуют так: «инженерная деятельность требует целостного представления об объекте проектирования, сформированного «многоэкранного» мышления, знания языка формул, чертежей и схем, сочетания научного образа мышления, обоснованной смелости и дара предвидения» [9, 13]. В то же время деятельность инженеров включает в себя «повторяющиеся действия, многократно используемые в разных отраслях на основе готовой техники и повторяющихся приёмов» [11, 221]. Поэтому в более узком, утилитарном смысле, под сущностью инженерной деятельности, или, точнее – деятельности инженера, можно понимать интеллектуальное обеспечение

процессов создания и обслуживания технических систем в соответствии с потребностями общества [10, 292].

На сегодняшний день модернизация инженерного образования, основанная на анализе современных требований, предъявляемых потребностями общества к работнику находит отражение в Федеральном Государственном образовательном стандарте высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) посредством изложения характеристик профессиональной деятельности, требований к результатам освоения основных образовательных программ, выраженных в форме общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций, а также требований к структуре образовательных программ.

Федеральный стандарт содержит только общие характеристики выпускника и задает минимальный уровень требований, не фиксируя при этом, чему и как (в каком объеме) учить, а потому не является совершенным. Построение и развитие инженерного образования на основе ФГОС ВПО возможно только в том случае, если будет построена его адекватная модель [7], причем требуется создание и модели – эталона, динамичной, зависящей от внешних условий, и модели – отражения, упрощенной копии реального состояния, также динамичной, но зависящей от эталона. Отметим, что модель как копия, построенная для данного, конкретного инженера (студента) также будет динамичной, зависящей от эталона, но в ней появится и явная зависимость от времени. С формальной точки зрения эти зависимости можно передать следующими соотношениями. Обозначив через $V = V(t)$ внешние условия, явно зависящие от времени, модель инженера как эталон можно представить в виде

$$M = F_0(V),$$

где явная зависимость от времени уже пропадает, а модели как копии – в виде

$$m_0 = f_0(M).$$

Здесь так же отсутствует явная зависимость от времени, а символ f_0 показывает допущенные упрощения относительно реального состояния.

И, наконец, модель конкретного специалиста представим в виде

$$m = f(m, t),$$

где вновь появляется явная зависимость от времени. В этих соотношениях индекс «0» указывает на общую модель, а отсутствие индекса – соответственно на конкретизацию модели для данного человека как предмета образования. Заметим, что масштаб изменения времени (характерное время изменения) в первой и последней модели, как правило, не совпадают. Так, для студента (будущего инженера) любого направления за время обучения в вузе модель, отражающая его состояние, меняется существенно, а внешние условия сильно меняются для направлений, связанных, например, с электроникой и информатикой и почти неизменны для таких установившихся направлений, как транспорт и геологоразведка.

Постановка задачи

Для эффективной реализации требований ФГОС ВПО необходимо построение адекватной модели – эталона, учитывающей как государственные стандарты, так и требования различных инженерных ассоциаций, в первую очередь – российских. Необходимо рассмотреть характеристики инженерно-технического мышления и возможности их формирования средствами различных дисциплин. В инженерно-техническом мышлении ученые выделяют следующие компоненты [10, 293]: гибкость мышления; самостоятельность мышления; владение методами анализа, синтеза, сравнения; наличие абстрактного, системного и творческого мышления; развитое пространственное мышление; оперативность, то есть умение решить задачу в различных, в том числе нестандартных, условиях, или при ограничении времени. Общеизвестным качеством инженерного мышления является способность к творчеству. Вместе с тем необходимо подчеркнуть, что «В своих истоках и основах техническое мышление является тем же обобщенным и опосредованным познанием действительности, как и любой другой вид мыслительной деятельности человека. Оно так же, как и в других случаях, осуществляется в процессе решения задач. Оно

может быть репродуктивным и продуктивным или сочетать в себе элементы того и другого» [5, 205]. На это же указывает А.Н. Лук: «Понятия (мышление и творчество) зачастую противопоставляют. Но такая позиция приводит к грубой методологической ошибке, заставляя признать, что для творческих личностей должны быть особые психологические законы. На самом же деле элементарные способности человеческого ума одинаковы у всех. Они только по-разному выражены (сильнее или слабее) и по-разному сочетаются между собой.» [3, 18]. Далее Е.П. Ильин отмечает, что с точки зрения функционально-генетического подхода «способности отражают различия между людьми в проявлении когнитивных ... и двигательных функций Но каждая из них характеризуется определенными свойствами (качественными сторонами). Например, внимание характеризуется интенсивностью, устойчивостью, переключением и прочими свойствами; движение – силой, быстротой, точностью и т. д. Поэтому точнее будет сказать, что способности – это не просто различия в выраженности той или иной функции, а различия в степени проявления качественных сторон функции у разных людей. <...> нет людей без какой-либо способности, но есть люди со слабо выраженными способностями. Эти люди при их качественной (сравнительной!) оценке называются неспособными, т. е. не обладающими возможностями добиться в чем-то высокого» результата.» [3, 127]. Таким образом, мы принимаем положение, что, во-первых, способностями, в той или иной степени обладают все люди, и, во-вторых, эти способности можно развивать, совершенствовать. При этом мы считаем важным учитывать различие между одаренностью и способностями. Одаренность означает, по нашему мнению, сочетание определенных врожденных свойств организма, которые, при развитии, могут превратиться в способности. Многие одаренные люди так и не развили свои способности, более того, большинство людей может даже не предполагать о своей одаренности в какой-либо области, имея интерес и развивая способности в других областях деятельности. Мы считаем, таким образом, что одаренность в одной области не

мешает развивать способности и достигать успеха в другой. Так, А.Н. Воробьев, несомненно одаренный спортсмен, двукратный чемпион олимпийских игр, обладатель 26 мировых рекордов, развивая свои способности в научной и педагогической области, стал доктором наук, профессором.

Говоря об инженерно-техническом мышлении в целом, и физико-математическом, как одной из его базовых составляющих, в частности, мы считаем важным подчеркнуть, что эти виды мышления не являются чем-то особенным, что отличало бы их от других видов мышления (например – художественного). Их основными формами, как и у других видов мышления, являются понятие, суждение и умозаключение, а основными операциями – сравнение, анализ, синтез, абстракция, конкретизация, индукция, дедукция, классификация, обобщение. Специфическим мышление становится именно при условии развития тех или иных способностей.

Если исследованию математических способностей посвящено довольно большое количество исследований (например, [4]), то исследования способностей в области физики только начинаются [8]. Тем не менее, понимая, что способности в области физики и математики не тождественны друг другу, мы считаем неправомерным отделение их друг от друга при развитии инженерно-технического мышления.

Возникает вопрос, развитие каких способностей нужно считать важным для формирования физико-математического мышления инженера? Мы считаем важными для будущих инженеров следующие: умение абстрактно мыслить, умение схематизировать, развитую математическую и физическую речь, логичность мышления, развитие пространственных представлений, вычислительные способности, критичность мышления, способность понимать и использовать символы, точность символики, быстроту мыслительного процесса, индуктивное и дедуктивное мышление, умение использовать аналогию, комбинаторное мышление, математическую и физическую интуицию, память, самостоятельность мышления.

Исследование

Выделим основные компоненты физико-математических способностей инженера, опираясь на концепцию математических способностей В.А. Крутецкого [4], концепцию технических способностей Т.В. Кудрявцева [5], модель математических способностей инженера Е.А. Рождественской [10], а также требований ФГОС ВПО к подготовке инженера и Ассоциации инженерного образования России:

Таблица 1.

№№	Компоненты способностей
1.	Владение фактическим материалом в области математики и физики
2.	Способность к формализованному восприятию материала
3.	Логичность мышления
4.	Способность к обобщению материала
5.	Способность к свертыванию рассуждения
6.	Обратимость мышления
7.	Гибкость мышления
8.	Рациональность мышления
9.	Способность оперировать символикой, физической и математической речью
10.	Когнитивная память (память на идею и алгоритм решения)
11.	Способность применять математические конструкты к реальным условиям
12.	Пространственное мышление
13.	Вычислительные способности
14.	Инженерная интуиция
15.	Креативность мышления

Перечисленные компоненты можно разделить на несколько групп. Компонента 1, не являющаяся собственно способностью, тем не менее крайне важна, поскольку при ее отсутствии развитие всех остальных компонент не имеет смысла (с точки зрения подготовки инженера). Ко второй группе мы отнесем компоненты, отвечающие особенностям деятельности в области математики и физики (компоненты 2–11). И к третьей группе – компоненты, отвечающие особенностям инженерной деятельности (компоненты 12–15).

Таблица 2.

№	Компоненты способностей	Формы заданий для формирования и развития соответствующих компонентов способностей
1.	Владение фактическим материалом в области математики и физики	Весь материал курса
2.	Способность к формализованному восприятию материала	Сформулировать вопрос к задаче; выявить недостающие или избыточные для решения задачи данные; свернуть условие задачи и провести его формальную запись; проверить корректность формулировки задачи; составить математическую модель задачи и проверить область ее применимости
3.	Логичность мышления	Доказать эквивалентность различных способов решения (различных математических моделей); объяснить решение, не допуская высказываний вида «... легко показать, что ...»; найти ошибку в решении; восстановить пропущенные звенья в рассуждении, исключив высказываний вида «... легко показать, что ...»; решение задач с использованием «правдоподобных рассуждений», проведение мысленных экспериментов; до начала решения задачи оценить возможные границы результата; разбор физических софизмов и парадоксов
4.	Способность к обобщению материала	Применить для решения данной задачи результат (результаты), ранее решенной задачи (нескольких задач); завершить цепочку рассуждений; составить алгоритм решения задач данного вида; найти класс задач, включающий данные подзадачи; найти их общие отличительные свойства; используя частные следствия, решить задачу в общем виде
5.	Способность к свертыванию рассуждения	Решить задачу известного типа; решить несколько однотипных задач; записать схему (граф) решения; решить задачу с подробным объяснением по ходу решения (у доски)
6.	Обратимость мышления	Сформулировать и решить задачу, обратную данной; привести контрпример; применить формулу «справа налево»; рассмотреть возможность протекания физического процесса в обратном направлении

Продолжение табл. 2.

7.	Гибкость мышления	Решить задачу несколькими известными способами; решить систему задач одного типа; решить систему разнотипных задач; сформулировать тождественную задачу, но с видоизменёнными данными; решить задачу, пользуясь аналогией
8.	Рациональность мышления	Выбрать рациональный способ решения задачи; выбрать рациональный способ записи ответа – формулы (с точки зрения удобства проверки, удобства дальнейшего применения компьютера, удобства анализа решения, «красота» ответа)
9.	Способность оперировать символикой, физической и математической речью	Сделать рисунок, чертеж или схему исследуемой в задаче ситуации; сделать краткую запись условия задачи с использованием физико-математической символики; разобрать по учебнику фрагмент материала, решение задачи, вывод формулы
10.	Когнитивная память (память на идею и алгоритм решения)	Воспроизвести ход рассуждения; по памяти составить схему решения, вывода формулы, доказательства; записать ход рассуждений, решения, доказательства
11.	Способность применять математические конструкции к реальным условиям	Применить необходимую математическую теорию (решение квадратного уравнения, дифференциального уравнения, дифференциальное и интегральное исчисление, исследование функций и т.п.) для решения задач из разных разделов физики; применить разные математические модели для решения одной задачи
12.	Пространственное мышление	Сделать рисунок, чертеж или схему исследуемой в задаче ситуации; трансформировать рисунок в схему; описать поведение объекта по схеме
13.	Вычислительные способности	Провести приближенные вычисления; оценить результат; сделать «прикидку» значения выражения
14.	Инженерная интуиция	До начала решения оценить порядок ожидаемого результата; в конце решения оценить правдоподобность полученного результата; решить задачу «по аналогии»; выдвинуть допущения и построить модель процесса; найти решение, используя «правдоподобные рассуждения»; сформулировать подходы к решению прикладной задачи

Окончание табл. 2.

15.	Креативность мышления	Эвристические вопросы и задания; исследовательские, олимпиадные, творческие задачи; решение задач различными способами; формулировка задачи на основе реальной ситуации; получение максимальной информации из имеющихся данных (найти «все, что возможно»)
-----	-----------------------	--

Формирование и развитие перечисленных групп способностей авторы осуществляют через использование специализированных наборов задач, ориентированных на усвоение фактического материала в области физики и закрепления практических навыков в области математики с одновременным формированием и развитием компонентов модели физико-математических способностей. Подобные наборы задач используются авторами при изучении курса физики в Национальном исследовательском университете «Московский институт электронной техники».

При отборе и составлении задач использовались следующие критерии: в формулировке задачи содержится указание, на развитие какого компонента физико-математических способностей она направлена; при решении задачи указанным способом проявляется данный компонент способностей. Идея использования подобных задач реализована в исследовании В.А. Крутецкого [4] применительно к диагностике компонентов математических способностей школьника, адаптирована для диагностики и развития компонентов математических способностей Е.А. Рождественской [10, 292]. Нами идея трансформирована для выявления и развития профессионального интереса к инженерному проектированию у старшеклассников [1], диагностики, формирования и развития физико-математических способностей студентов технических специальностей НИУ МИЭТ.

Заключение

Таким образом, в результате нашего исследования показана необходимость построения модели физико-математических спо-

способностей инженера для совершенствования инженерного образования, удовлетворяющего как требованиям ФГОС ВПО, так и инженерных ассоциаций. Построена соответствующая модель, включающая в себя как собственно компоненты инженерной деятельности, так и компоненты, отвечающие за способности в области математики и физики, а также компоненту, отвечающую за владение фактическим материалом. Показаны способы развития перечисленных компонент в процессе изучения физики путем решения специальным образом подобранных, скомпонованных и сформулированных задач.

Список литературы

1. Гундырев В.Б. Инженерное проектирование в общеобразовательной школе : формирование профессионального интереса в процессе изучения физики. LAP LAMBERT Fcfdemic PublishingSaarbrucken, 2011. 197 с.
2. Гундырев В.Б. Сущность и содержание инженерного проектирования в решении технических и социальных проблем, его связь с другими областями деятельности человека и отражение этой связи в программе средней школы // Материалы I международной интернет-конференции «Инновации и традиции в современном образовании», Старый Оскол, Старооскольский филиал ВГУ, 2009. С. 238–245.
3. Ильин Е.П. Психология творчества, креативности, одаренности. СПб: Питер, 2009. 434 с.
4. Крутецкий В.А. Психология математических способностей школьников / Под ред. Н.И. Чуприковой. М.: Институт практической психологии, 1998. 416 с.
5. Кудрявцев Т.В. Психология технического мышления. М.: Педагогика, 1975. 304 с.
6. Лернер А.Я. Начала кибернетики. М.: Наука, 1967.
7. Лосев В.В. Концепции стратегического развития системы образования: монография / В.В. Лосев и др. Красноярск: Научно-инновационный центр, 2012. 332 с.

8. Лукьянова А.В. Сущность, структура, типология способностей школьника в области физики и техники // Ярославский педагогический вестник, 2014. № 4. Том II (Психолого-педагогические науки). С. 187–191.
9. Приходько В.М. Сазонова З.С. Инженерная педагогика : становление, развитие, перспективы // Высшее образование в России. 2007. №1. С. 10–26.
10. Рождественская Е.А. Модель математических способностей инженера и ее реализация в процессе обучения студентов высшей математике // Молодой ученый. 2010. №1–2 (13). Т.2. С. 292–295.
11. Свешникова Ю.Б. Методологические основы культуры инженерии и тенденции её функционирования // Вестник ВГУ, серия лингвистика и межкультурная коммуникация. 2008. №3. С. 220–225.

References

1. Gundyrev V.B. *Inzhenernoe proektirovanie v obshcheobrazovatel'noy shkole : formirovanie professional'nogo interesa v protsesse izucheniya fiziki* [Engineering design in a comprehensive school: the formation of a professional interest in the study of physics]. LAP LAMBERT Fcdemic Publishing Saarbrücken, 2011. 197 p.
2. Gundyrev V.B. *Sushchnost' i sodержание inzhenernogo proektirovaniya v reshenii tekhnicheskikh i sotsial'nykh problem, ego svyaz' s drugimi oblastyami deyatel'nosti cheloveka i otrazhenie etoy svyazi v programme sredney shkoly* [The essence and content of the engineering design in solving technical and social problems, its relationship with other areas of human activity and the reflection of this communication in the program of high school]. Staryy Oskol, Starooskol'skiy filial VGU, 2009, pp. 238–245.
3. Il'in E.P. *Psikhologiya tvorchestva, kreativnosti, odarennosti* [Psychology of creativity, creativity, talent]. SPb: Piter, 2009. 434 p.
4. Krutetskiy V.A. *Psikhologiya matematicheskikh sposobnostey shkol'nikov* [Psychology of mathematical abilities of schoolboys] / N.I. Chuprikova (ed.). M. : Institut prakticheskoy psikhologii, 1998. 416 p.

5. Kudryavtsev T.V. *Psikhologiya tekhnicheskogo myshleniya* [Psychology technical thinking]. М. : Pedagogika, 1975. 304 p.
6. Lerner A.Ya. *Nachala kibernetiki* [Beginnings of Cybernetics]. М., 1967.
7. Losev V.V. et al. *Kontseptsii strategicheskogo razvitiya sistemy obrazovaniya* [Concept of strategic development of the education system]. Krasnoyarsk, 2012. 332 p.
8. Luk'yanova A.V. *Yaroslavskiy pedagogicheskiy vestnik*, 2014. № 4. Vol II, pp. 187–191.
9. Prikhod'ko V.M. Sazonova Z.S. *Vysshee obrazovanie v Rossii*. 2007. №1, pp. 10–26.
10. Rozhdestvenskaya E.A. *Molodoy uchenyy*. 2010. №1–2 (13). V. 2, pp. 292–295.
11. Sveshnikova Yu.B. *Vestnik VGU, seriya lingvistika i mezhkul'turnaya kommunikatsiya*. 2008. №3, pp. 220–225.

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Гундырев Вадим Борисович, доцент кафедры общей физики,
кандидат педагогических наук

*Национальный исследовательский университет МИЭТ
проезд 4806, дом 5, г. Москва, Зеленоград, 124498, Россий-
ская Федерация*

Vadim_gundirev@mail.ru

SPIN-код в SCIENCE INDEX: 7287-6591

Королёва Евгения Николаевна, старший преподаватель кафедры
общей физики

*Национальный исследовательский университет МИЭТ
проезд 4806, дом 5, г. Москва, Зеленоград, 124498, Россий-
ская Федерация*

Лосев Виктор Васильевич, профессор кафедры общей физики,
кандидат физико-математических наук, профессор

Национальный исследовательский университет МИЭТ

*проезд 4806, дом 5, г. Москва, Зеленоград, 124498, Россий-
ская Федерация*

Морозова Тамара Владимировна, доцент кафедры общей физи-
ки, кандидат технических наук, доцент
*Национальный исследовательский университет МИЭТ
проезд 4806, дом 5, г. Москва, Зеленоград, 124498, Россий-
ская Федерация*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Gundyrev Vadim Borisovich, Associate Professor of the Department
of General Physics, Ph.D. in Pedagogical Science
*National Research University of Electronic Technology
Bld. 5, Pas. 4806, Zelenograd, Moscow, 124498, Russian Fede-
ration
Vadim_gundirev@mail.ru*

Koroljova Evgenija Nikolaevna, Senior Teacher of the Department of
General Physics
*National Research University of Electronic Technology
Bld. 5, Pas. 4806, Zelenograd, Moscow, 124498, Russian Fede-
ration*

Losev Viktor Vasil'evich, Professor Department of General physics,
Ph.D. in physico-mathematical Sciences, Professor
*National Research University of Electronic Technology
Bld. 5, Pas. 4806, Zelenograd, Moscow, 124498, Russian Federation*

Morozova Tamara Vladimirovna, Associate Professor of the Depart-
ment of General physics, Ph.D. in technical Sciences, Associate
Professor
*National Research University of Electronic Technology
Bld. 5, Pas. 4806, Zelenograd, Moscow, 124498, Russian Fede-
ration*