

## Особенности обучения студентов технического профиля в условиях инновационной экономики

© Л.А. Зинченко, Е.В. Резчикова

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

*В статье рассмотрены вопросы применения техник визуального структурирования для управления информацией при обучении студентов технического профиля. Приведены результаты сравнительного анализа успеваемости студентов технического профиля при использовании различных техник визуализации знаний.*

**Ключевые слова:** инженерия знаний, алгоритмы, менеджмент информации, инженерное образование.

**Введение.** Постоянно увеличивающийся объем информации, который студенту требуется освоить при обучении технической специальности, приводит к необходимости внедрения новых технологий работы с информацией в процесс обучения. Для усвоения и встраивания в свой профессиональный опыт ежедневно получаемой студентом информации существуют различные подходы.

Разработанная в начале XX в. концепция подготовки инженеров в Императорском Московском техническом училище (в настоящее время МГТУ им. Н. Э. Баумана) базировалась на следующей структуре организации технического обучения: общепрофессиональные и общетехнические предметы на младших курсах и специализация на старших. Этот подход был оправдан, так как промышленность нуждалась не в инженерах-теоретиках, а в специалистах-универсалах в определенной области техники. Причем вне зависимости от области специализации обязательным при подготовке специалистов технического профиля считали серьезную математическую базу. Это объясняется тем, что математический аппарат обладает уникальной возможностью представить любой динамический процесс как некоторое статическое понятие, которое затем может быть использовано при выполнении различных расчетов проектируемых устройств. Многие десятилетия такой подход на основе применения аналитических выражений (явных или неявных) был вполне достаточным для работы квалифицированного инженера и позволял выпускнику вуза оставаться конкурентоспособным на рынке труда многие десятилетия.

Разработка одного из наиболее важных разделов информатики — теории алгоритмов [1] — крупнейшее достижение науки в XX в. Алгоритмы представляют собой формализованные математические понятия, которые позволяют отразить динамику изменения и развития

технических систем, а также описать процесс перехода от исходных данных к результату. В частности, разработка алгоритмов численного моделирования сложных объектов, базирующихся на численных методах решения уравнений, позволила выйти на уровень проектирования принципиально новых, более сложных систем. В связи с широким распространением информационных технологий в планы подготовки специалистов технического профиля включили информатику и один из ее разделов — теорию алгоритмов. Однако особенности современных компьютеров (использование булевой логики и т. п.) значительно ограничивают возможности разработки и реализации алгоритмов, особенно для сложно формализуемых задач и задач, не формализуемых в принципе.

В настоящее время возникла острая необходимость модернизации существовавших многие десятилетия учебных планов для обеспечения подготовки специалистов, способных решать технические задачи на высоком творческом уровне. Все увеличивающийся объем знаний, который необходимо усвоить студенту в ходе выполнения учебного плана, требует внедрения в учебный процесс новых подходов к представлению знаний, позволяющих описать не только формализованные модели с использованием математического и алгоритмического обеспечения, но и плохо формализуемые понятия и знания. Традиционные наглядные пособия, являясь визуальным средством для репродуктивной познавательной деятельности, привносят извне готовые образы знаний, что может затруднять и ограничивать процесс нахождения решений. Эксперименты с картированием мозговой активности показали, что эффективность ментальных моделей зависит от формирования индивидуальных мыслеобразов. Для обеспечения продуктивного типа познавательной деятельности необходимы специальные техники, позволяющие эффективно преобразовать исходную информацию (знания) в мыслеобразы и затем представить их для последующего внешнего применения.

Переход от логарифмической линейки к повседневному использованию мощных вычислительных машин привел к изменению маршрутов проектирования и сценариев инженерной деятельности. Внедрение в практику инженерной деятельности систем автоматизированного проектирования (САПР), базирующихся на различных алгоритмах численного моделирования, позволило значительно сократить время проектирования сложных систем. При использовании САПР в ходе практической деятельности инженер сталкивается в основном уже не с математическими выражениями, а с табличным представлением зависимостей, при этом анализ влияния изменения тех или иных параметров проектируемой системы на ее выходные характеристики значительно затруднен.

В общем случае при решении задач человек использует две стратегии:

операционную (алгоритмическую), связанную с последовательной реализацией мыслительных операций по определенной программе;

эвристическую, обусловленную целостным восприятием и нахождением новых, неочевидных компонентов и связей.

Визуализация информации и визуальная аналитика — мощные когнитивные инструменты понимания [2]. В работе [3], написанной в последние месяцы Второй мировой войны, один из ведущих профессоров Массачусетского технологического института В. Буш рассмотрел вопросы повышения возможностей человеческого мозга за счет перехода к электронным технологиям хранения и обработки информации. Он также отмечал, что такой переход должен обеспечить принципиальный скачок в развитии человечества, аналогичный началу использования микроскопов для повышения возможностей человеческого глаза. Кроме того, Буш показал ограниченность линейных и иерархических моделей представления знаний и важность создания персональных баз данных.

Инженерия знаний представляет собой один из новых разделов информатики, в котором и разрабатываются методы извлечения, распределения и структурирования знаний [4]. Использование таких визуальных инструментов инженерии знаний, как ментальные карты, концептуальные карты и др. [5, 6], позволяет значительно повысить качество обучения студентов за счет внедрения ментально органичных методик систематизации информации и визуализации, архивирования индивидуальных мыслеобразов.

Наиболее доступной и универсальной практикой эффективной обработки плохо формализуемой информации является использование ментальных карт [5, 6] в процессе изучения материала. Ментальные карты позволяют представить (репрезентовать) информацию с помощью визуальных образов. Рекомендации по формированию радиальной структуры дают возможность упростить восприятие разрозненной информации. Однако ментальные модели, будучи статическими по своей сути, нельзя использовать при моделировании динамических процессов, которые могут быть описаны с помощью традиционного математического аппарата и (или) алгоритмического обеспечения.

Известно, что одной из форм представления операционной карты служат схемы алгоритмов, позволяющие визуализировать последовательность процесса преобразования информации. Подобная форма представления алгоритмов дает возможность использовать преимущества как математических моделей, так и техник визуального отображения информации. Принципиальное отличие алгоритмического

подхода от подхода, базирующегося на использовании ментальной карты, фиксирующей конкретный набор знаний, — возможность изображения развития процесса во времени. Тем не менее ментальные карты позволяют активизировать интуицию за счет использования образов и цветов и при решении творческих задач зачастую помогают находить нестандартные решения.

По мнению авторов, в настоящее время в процессе обучения студентов техническим дисциплинам необходимо использовать как классические подходы, базирующиеся на математическом аппарате, так и подходы, разработанные в информатике, в частности в теории алгоритмов и инженерии знаний, а также последние достижения в когнитивных исследованиях. В связи с этим для повышения конкурентоспособности выпускников в процесс обучения были добавлены подходы, базирующиеся на применении последних достижений в инфокогнитивных и инфокоммуникативных исследованиях.

В статье обсуждается опыт применения этих подходов, основанных на теории алгоритмов и инженерии знаний, в частности ментальных карт, в процессе инженерного обучения. Приведена также сравнительная оценка успеваемости студентов технического профиля при освоении этих двух тем.

**Проблемы восприятия студентами информации по техническим дисциплинам.** В процессе обучения студентов по техническим дисциплинам исторически основной упор делался на подготовку в области фундаментальных наук (физики, математики и др.). При решении этого класса задач традиционно полагали, что развивалось левое полушарие, отвечающее за вербальную коммуникацию (речь) и логику. При этом правое полушарие, обрабатывающее образную информацию, практически не было задействовано. Не развивались также способности организации комплексной работы одновременно двух полушарий. Однако государственный курс на переход к инновационной экономике требует внедрения в педагогическую практику подготовки профессионалов технического профиля новых педагогических технологий, позволяющих повысить качество и производительность интеллектуального труда за счет использования возможностей человеческого мозга для решения задач творческого характера.

На сегодняшний день существуют различные подходы к трактовке таких математических понятий, как логицизм, интуиционизм и формализм. В работах Г. Фреге, Б. Рассела и А.Н. Уайтхеда [7, 8] была предпринята попытка свести все математические понятия к логическим конструкциям. Многочисленные логические парадоксы, возникающие при использовании такого подхода, показали ограниченность этого подхода. В работах Д. Гильберта [9] была выдвинута идея о роли интуиции на этапе поиска решения, однако, по его мне-

нию, окончательное решение должно быть полностью формализованным. Доказанная К. Геделем [10] теорема о неполноте формальных систем показала нереализуемость этого подхода. В работах Л. Брауэра и его учеников [10] был предложен противоположный подход, базирующийся на использовании в качестве первоисточника математики идеи и интуиции как инструмента понимания. Однако этот подход привел к необходимости исключения важнейших разделов математики, например теории множеств. Позднее было доказано, что композиции алгоритмов и беззаконных последовательностей образуют модель интуиционизма, в которой можно имитировать творческие последовательности. Беззаконные последовательности явились первым примером позитивного использования незнания в точных науках. Такой ход развития математической мысли в XX в. привел к пониманию необходимости использования как интуитивных, так и формальных компонентов при подготовке студентов.

Для развития способностей обучающегося к творческой деятельности могут быть предложены различные подходы. При этом необходимо учитывать, что мышление человека является ассоциативным, радиантным и холистичным [2]. Единицы информации взаимосвязаны различными ассоциациями. Иногда всего лишь одно слово вызывает целую цепочку других слов, образов. Выделение таких ключевых ассоциаций и фиксация на них внимания студентов позволяет расставить профессионально необходимые акценты и значительно интенсифицировать процесс обучения. За счет специфической организации работы мозга человек воспринимает информацию от центра к периферии. Традиционная линейная последовательная структура конспектов зачастую усложняет и искажает восприятие информации. В противоположность этому холистическое мышление позволяет воспринимать разрозненную информацию как нечто связанное и обеспечивает целостность ее восприятия. Гештальт-образ того или иного понятия дает возможность запомнить некоторую информацию как единое целое и оценить достоинства и недостатки всей совокупности информации.

**Особенности использования техник визуального представления информации.** Ментальные карты являются одним из возможных вариантов визуального представления мыслеобразов и фиксации движения и развития мысли на бумаге или с использованием информационных технологий. С математической точки зрения ментальные карты представляют собой граф, каждая из вершин которого содержит множество слов, образов и цифр, выбранных создателем ментальной карты для лучшего отражения того или иного понятия. Принципиальное отличие ментальных карт, например от денотатного графа, заключается в использовании различных образов и даже мета-

фор, символов, а не только ключевого слова для выявления глубинного смысла понятия. Зачастую ментальная карта отражает компоненты интуитивного мышления.

Схемы алгоритмов выполняют в соответствии с ГОСТ 19.701–90 и (ISO 5807–85). С математической точки зрения такое представление алгоритма является ориентированным графом. При этом используемые для каждой вершины этого графа обозначения несут определенный смысл согласно указанному выше стандарту, который отражается поясняющей надписью внутри этих обозначений. За счет использования направленных ребер подобное представление позволяет описать динамические процессы в отличие от ментальных карт, базирующихся на использовании неориентированного графа.

По сравнению со схемами алгоритмов ментальные карты, являясь математическим объектом — графом, в то же время обладают большей гибкостью за счет отсутствия ограничений на использование графических и визуальных образов в процессе представления некоторой предметной области.

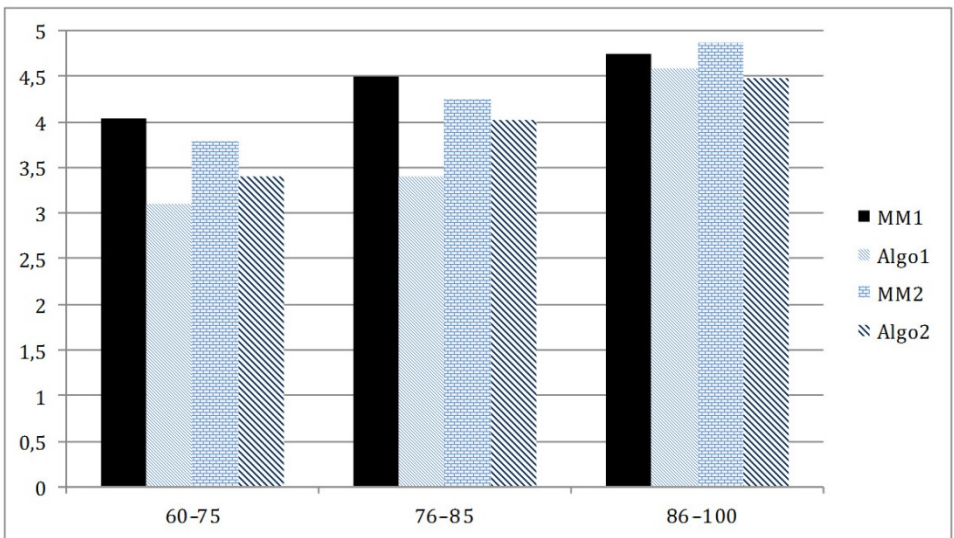
При внедрении в педагогическую практику новых педагогических технологий необходимо учитывать существующие у человека каналы обмена информацией с внешней средой (рис. 1). Авторы статьи также отмечают, что при использовании педагогических новаций чрезвычайно эффективной является методика преподавания, которая позволяет развить способности по всем каналам восприятия [11]. При этом необходимо учитывать возможную несформированность структур мышления у обучаемых, особенно на младших курсах. Для преодоления этой проблемы хорошо подходят методики развития ассоциативного мышления. На важность использования ассоциаций при управлении знаниями указывал также Буш в [3].



**Рис. 1.** Каналы обмена информацией с внешней средой

**Результаты сравнительного анализа успеваемости студентов технического профиля при использовании техник визуального представления информации.** При обучении студентов применялись техники ментальных карт и методы теории алгоритмов. В частности, после изучения некоторых тем дисциплины студенту предлагалось построить ментальную карту, отражающую его восприятие того или иного материала. При изучении следующих тем студенту предлагалось разработать алгоритм заданной проблемы.

На рис. 2 приведена диаграмма, отражающая статистические данные по успеваемости студентов при построении ментальных карт (MM1, MM2), разработке алгоритмов (Algo1, Algo2) в течение двух лет по трем группам обучающихся: набравшие 60–75 баллов из 100 за курс (оценка удовлетворительно); 76–85 баллов за курс (оценка хорошо); 86–100 баллов за курс (оценка отлично). Данные MM1, Algo1 относятся к одному потоку (две группы студентов), данные MM2, Algo2 — к другому потоку (три группы студентов).



**Рис. 2.** Диаграмма успеваемости студентов технического профиля при изучении различных техник представления информации

Анализ представленных результатов позволяет сделать вывод, что практически все студенты успешно справились с построением ментальных карт (минимальная средняя оценка 3,8), причем наблюдалась общая для всех групп обучаемых тенденция снижения оценки при разработке алгоритмов (минимальная средняя оценка 3,1) за счет необходимости описания более сложного динамического процесса по сравнению со статическим объектом с использованием ментальной карты. При этом наибольшие сложности в одном из потоков испыты-

вали студенты с низкими и средними результатами, а в другом (при выполнении тех же заданий) — студенты с низкими и высокими баллами.

Установлено, что ментальные карты позволяют совместить ресурсы правого и левого полушарий. Опыт использования рассматриваемых техник визуального представления информации показал, что в случае доминирования у студента одного полушария (как правило, левого у студентов технического профиля) возможны затруднения при построении ментальных карт, хотя такие студенты легко справляются с заданиями разработки алгоритмов. Затруднения при использовании техники ментальных карт также наблюдались у студентов-интровертов.

**Выводы.** В течение десятилетий обучение студентов техническим дисциплинам в основном сводилось к развитию репродуктивной деятельности, например, к освоению методов использования математического аппарата, разработанного в эпоху промышленной революции. Однако развитие математики и информатики в XXI в. дает возможность дополнить учебные планы технических специальностей элементами, позволяющими освоить и затем применять на практике новейшие результаты в математике, информатике и когнитивных исследованиях, в частности методы инженерии знаний, теории алгоритмов и когнитивных исследований. Использование графов специального типа — ментальных карт и схем алгоритмов — для визуализации и последующего анализа информации позволяет описать различные предметные области, например, технологию производства [12], нанотехнологии [13]. При этом с использованием рассмотренного аппарата возможно описание динамических процессов. Необходимо также отметить активизацию интуиции за счет применения различных визуальных образов и ассоциаций.

В МГТУ им. Н. Э. Баумана успешно реализуется комбинация классического подхода, базирующегося на использовании математического аппарата, и подходов, разработанных в теории алгоритмов, инженерии знаний и когнитивных и инфокоммуникационных подходов, что позволяет обеспечить всестороннюю подготовку выпускников для работы в условиях инновационной экономики. Сочетание интуитивных и рациональных компонентов при обучении студентов технического профиля дает возможность значительно повысить конкурентоспособность выпускников на рынке труда и создает основу для последующей разработки выпускниками перспективных технических систем, зачастую на принципиально новых творческих подходах.

*Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта Президента РФ по государственной поддержке ведущих научных школ (грант НШ-2903.2014.9).*



## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р. *Алгоритмы: построение и анализ*. Москва, МЦНМО, 1999, 955 с.
- [2] Величковский Б.М. *Когнитивная наука: Основы психологии познания*. В 2 т. Москва, Издательский центр «Академия», 2006, 448 с.
- [3] Bush V. As We May Think. *The Atlantic*. 1945, № 7. URL: <http://web.mit.edu/STS.035/www/PDFs/think.pdf> (дата обращения 20.11.2014)
- [4] Russell S., Norvig P. *Artificial Intelligence — A Modern Approach*. Pearson Education, USA, 2010.
- [5] Бьюзен Т., Бьюзен Б. *Супермышление*. 2-е изд. Минск, ООО «Попурри», 2003, 304 с.
- [6] Мюллер Х. *Составление ментальных карт: метод генерации и структурирования идей*. Москва, Омега-Л, 2007, 126 с.
- [7] Фреге Г. *Избранные работы*. Москва, Изд-во «ДИК», 1997, 214 с.
- [8] Уайтхед А. Н. *Основания математики*. В 3 т. Самара, Книга, 2006.
- [9] Гильберт Д. *Избранные труды*. В 2 т. Москва, Факториал, 1998.
- [10] Клини С. К. *Математическая логика*. Москва, Мир, 1973, 480 с.
- [11] Лунина И.Н., Покровская М.В., Резчикова Е.В. Об опыте интеграции педагогических технологий в техническом университете. *Высшее образование в России*, 2013, № 2, с. 90–95.
- [12] Shakhnov V., Zinchenko L., Rezchikova E. Cognitive Learning Environment for Nanoinformatics. *Recent Advances in Information Science*. Moscow, 2013, pp. 260–266.
- [13] Shakhnov V., Zinchenko L., Vlasov A., Rezchikova E. Visual Learning Environment in Electronic Engineering Education. *Proc. 2013 International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL)*. Moscow, pp. 389–398 .

Статья поступила в редакцию 09.12.2014

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Зинченко Л.А., Резчикова Е.В. Особенности обучения студентов технического профиля в условиях инновационной экономики. *Гуманитарный вестник*, 2015, вып. 1. URL: <http://hmbul.bmstu.ru/catalog/edu/pedagog/227.html>

**Зинченко Людмила Анатольевна** окончила МГТУ им. Н.Э. Баумана. Д-р техн. наук, профессор кафедры «Конструирование и производство электронной аппаратуры». Автор 170 печатных работ. Область научных интересов: САПР .наноносители. e-mail: [lyudmillaa@mail.ru](mailto:lyudmillaa@mail.ru)

**Резчикова Елена Викентьевна** окончила МГТУ им. Н. Э. Баумана. Доцент кафедры «Конструирование и производство электронной аппаратуры». Автор 30 печатных работ. Область научных интересов: наноинженерия, информационные технологии, защита интеллектуальной собственности. e-mail: [rezc-elena@yandex.ru](mailto:rezc-elena@yandex.ru)

## Features of teaching students at a technical university for innovative society

© L.A. Zinchenko, E.V. Rezchikova

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

*The article considers application of visual structuring techniques for information management when teaching engineering students. The results of the comparative analysis of engineering students' performance using different techniques for visualizing knowledge are presented.*

**Keywords:** knowledge engineering, algorithms, information management, engineering education.

### REFERENCES

- [1] Cormen T.H., Leiserson Ch.E., Rivest R.L. *Introduction to Algorithms*. MIT Press, McGraw-Hill, 1990. [in Russian: Cormen T.H., Leiserson Ch. E., Rivest R.L. *Algoritmy: postroenie i analiz*. Moscow, MTsNMO Publ., 1999, 955 p.].
- [2] Velichkovskiy B.M. *Kognitivnaya nauka. Osnovy psikhologii poznaniya* [Cognitive Science. Basics of Cognitive Psychology]. Moscow, Akademia Publ., 2006.
- [3] Bush V. *As We May Think*. The Atlantic, 1945, no. 7. Available at: <http://web.mit.edu/STS.035/www/PDFs/think.pdf> (accessed 20.11.2014).
- [4] Russell S., Norvig P. *Artificial Intelligence. A Modern Approach*. Pearson Education Publ., 2010.
- [5] Buzen T., Buzen B. *Supermyshlenie* [Make the Most of Your Mind]. Minsk, Popurri Publ., 2003, 304 p.
- [6] Muller H. *Sostavlenie mentalnyh kart: metod generatsii i strukturirovaniya idey* [Mind Mapping: method of generation and structuring ideas]. Moscow, Omega-L Publ., 2007, 126 p.
- [7] Frege G. *Izbrannye raboty* [Selected Works]. Moscow, DIK Publ., 1997.
- [8] Whitehead A., Russell B. *Principia Mathematica*. Cambridge University Press, 1910–1913. [in Russian: *Osnovaniya matematiki*. In 3 vols. Samara, Kniga Publ., 2005–2006].
- [9] Gilbert D. *Izbrannye trydy* [Selected Works]. Moscow, Faktorial Publ., 1998 [in Russ.].
- [10] Klini S. *Matematicheskaya logika* [Mathematical Logic]. Moscow, Mir Publ., 1973, 480 p. [in Russ.].
- [11] Lunina I.N., Pokrovskaya M.V., Rezchikova E.V. *Vysshee obrazovanie v Rossii — Higher education in Russia*, 2013, no. 2, pp. 90–95.
- [12] Shakhnov V., Zinchenko L., Rezchikova E. Cognitive Learning Environment for Nanoinformatics. *Recent Advances in Information Science. Proceedings of the 7th European Computing Conference (ECC '13)*. Dubrovnik, Croatia June 25–27, 2013, pp. 260–266.
- [13] Shakhnov V., Zinchenko L., Vlasov A., Rezchikova E. Visual Learning Environment in Electronic Engineering Education. *Proceedings of the 2013 International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL)*, 2013. pp. 389–398.

**Zinchenko L.A.**, Dr. Sci. (Eng.), professor of the Design and Production of Electronic Equipment Department at Bauman Moscow State Technical University. Author of more than 170 publications. Research interests include CAD/CAM development, nanocarriers. e-mail: lyudmillaa@mail.ru

**Rezhikova E.V.**, assoc. professor of the Design and Production of Electronic Equipment Department at Bauman Moscow State Technical University. Author of 30 publications. Research interests include nanoengineering, IT, protection of intellectual property. e-mail: rezc-elena@yandex.ru