

МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ

УДК 378

DOI: 10.17853/1994-5639-2017-9-126-143

ДИДАКТИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА РАЗВИТИЯ АЛГОРИТМИЧЕСКОГО СТИЛЯ МЫШЛЕНИЯ СТУДЕНТОВ

Т. П. Пушкарева¹, Т. А. Степанова²

Сибирский федеральный университет, Красноярский государственный педагогический университет им. В. П. Астафьева, Красноярск, Россия.

E-mail: ¹a_tatianka@mail.ru; ²step1350@mail.ru

В. В. Калитина

Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия.

E-mail: vesik_kl@mail.ru

Аннотация. Введение. Для решения сложных технологических профессиональных задач современному инженеру нужно обладать высоким потенциалом когнитивных способностей, в частности алгоритмическим стилем мышления (АСМ). В связи с этим подготовка будущих специалистов технического профиля должна предусматривать наличие у выпускников вузов знаний о принципах и способах построения различных алгоритмов, умений их анализировать и выбирать наиболее оптимальные варианты осуществления инженерной деятельности. Для полноценного становления АСМ у студентов в методиках обучения требуется учитывать все каналы психологического восприятия и мыслительной обработки учебной информации: визуальный, аудиальный и кинестетический.

Цель изложенного в публикации исследования состоит в теоретическом обосновании необходимости разработки и использования в учебном процессе комплекса дидактических средств, развивающих алгоритмический стиль мышления у студентов при освоении ими курса программирования.

Методология и методики. Методологической основой работы явились ключевые положения когнитивной психологии и информационного подхода к организации образовательного процесса. В ходе исследования применялись такие методы, как анализ; моделирование когнитивных процессов; проектирование обучающих средств, учитывающих ментальность и индивидуальные особенности восприятия информации; диагностика эффективности дидактического инструментария.

Результаты. В соответствии со структурой АСМ была спроектирована трехуровневая модель обучения программированию будущих инженеров, представленная тремя компонентами – чувственным, модельным и понятийным. Выделены этапы усвоения учебного материала дисциплины. Показано, что на начальной стадии приобретения навыков и умений построения ментальных алгоритмических схем целесообразно выполнение алгоритмических операций вручную с помощью кинестетических тренажеров; а на этапах формирования у учащихся алгоритмических модельно-понятийных образов продуктивно применение алгоритмической анимации и алгоритмических ментальных карт. Разработаны кинестетические тренажеры, предназначенные для усвоения базовых умений и навыков по алгоритмизации деятельности и закрепления знаний и компетенций в области программирования. Продемонстрировано, каким образом данные дидактические средства облегчают понимание содержания сложных разделов, тем и понятий курса программирования и способствуют формированию алгоритмического мышления будущих инженеров.

Научная новизна. Предлагаемые авторами методы развития АСМ принципиально отличаются от существующих тем, что нацелены не только на традиционные для образования визуальный и аудиальный каналы восприятия учебного материала, но и на кинестетические способы обработки информации и активизацию моторной зоны памяти. Согласно имеющейся статистике, кинестетическое постижение окружающего мира преобладает у 40% людей, однако до сих пор на этот факт обращалось мало внимания в методиках преподавания различных дисциплин. Эксперимент по внедрению в учебный процесс кинестетических тренажеров с последующей диагностикой уровня развития АСМ и качества обучения программированию студентов Сибирского федерального университета подтвердили эффективность использования данных дидактических средств при подготовке выпускников инженерных специальностей.

Практическая значимость. Кинестетический арсенал методических средств развития АСМ может быть востребован как учителями в школьном курсе информатики, так и вузовскими педагогами, преподающими дисциплины, связанные с программированием. При определенной содержательной адаптации кинестетические тренажеры можно задействовать для лучшего усвоения учащимися других технических и естественнонаучных предметов, например математики.

Ключевые слова: алгоритмическое мышление, кинестетические каналы восприятия, средства обучения программированию, средства развития алгоритмического мышления студентов, ментальные алгоритмические схемы, моторная зона памяти

Благодарности. Авторы выражают благодарность рецензентам за тщательный анализ статьи и ряд ценных предложений.

Для цитирования: Пушкарева Т. П., Степанова Т. А., Калитина В. В. Дидактические средства развития алгоритмического стиля мышления студентов // Образование и наука. 2017. Т. 19. № 9. С. 126–143. DOI: 10.17853/1994-5639-2017-9-126-143

DIDACTIC TOOLS FOR THE STUDENTS' ALGORITHMIC THINKING DEVELOPMENT

T. P. Pushkaryeva¹, T. A. Stepanova²

Siberian Federal University, Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V. P. Astafiev, Krasnoyarsk, Russia.

E-mail: ¹a_tatianka@mail.ru; ²step1350@mail.ru

V. V. Kalitina

Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia.

E-mail: vesik_kl@mail.ru

Abstract. *Introduction.* Modern engineers must possess high potential of cognitive abilities, in particular, the algorithmic thinking (AT). In this regard, the training of future experts (university graduates) of technical specialities has to provide the knowledge of principles and ways of designing of various algorithms, abilities to analyze them, and to choose the most optimal variants for engineering activity implementation. For full formation of AT skills it is necessary to consider all channels of psychological perception and cognitive processing of educational information: visual, auditory, and kinesthetic.

The aim of the present research is theoretical basis of design, development and use of resources for successful development of AT during the educational process of training in programming.

Methodology and research methods. Methodology of the research involves the basic thesis of cognitive psychology and information approach while organizing the educational process. The research used methods: analysis; modeling of cognitive processes; designing training tools that take into account the mentality and peculiarities of information perception; diagnostic efficiency of the didactic tools.

Results. The three-level model for future engineers training in programming aimed at development of AT skills was developed. The model includes three components: aesthetic, simulative, and conceptual. Stages to mastering a new discipline are allocated. It is proved that for development of AT skills when training in

programming it is necessary to use kinesthetic tools at the stage of mental algorithmic maps formation; algorithmic animation and algorithmic mental maps at the stage of algorithmic model and conceptual images formation. Kinesthetic tools for development of students' AT skills when training in algorithmization and programming are designed. Using of kinesthetic training simulators in educational process provide the effective development of algorithmic style of thinking and increase the level of understanding and learning of educational material on algorithms and programming.

Scientific novelty. The developed tools and methods for developing algorithmic style of thinking during the educational process of training in programming is fundamentally different from existing ones that are aimed at kinesthetic channels of perception and activation of motor-memory area. According to the latest statistics, over 40% of people have kinesthetic sensing of the world; however, researchers have not treated this phenomenon in much detail. On the whole, the use efficiency of the didactic means when training graduates of engineering specialties has been proved in the course of the carried out experiment on kinesthetic tools introduction into educational process with the subsequent diagnostics of the levels of AT skills development, and the quality of training in programming among the students of the Siberian Federal University.

Practical significance. The proposed tools and methods for developing algorithmic thinking can be used in the training process in the school course of computer science, as well as university courses of programming of various kinds. The presented kinesthetic tools can be used for other technical and natural-science specialties (e.g. Mathematics) after applying specific content adaptation.

Keywords: algorithmic thinking, kinesthetic channels of perception, tools for programming training, algorithmic thinking development tools, mental algorithmic maps, motor-memory area

Acknowledgements. The authors express their sincere gratitude to all of the reviewers for their careful analysis of the article, and a number of valuable suggestions.

For citation: Pushkaryeva T. P., Stepanova T. A., Kalitina V. V. Didactic tools for students' algorithmic thinking development. *The Education and Science Journal*. 2017; 9 (19): 126–143. DOI: 10.17853/1994-5639-2017-9-126-143

Введение

Широкое внедрение компьютерной техники, новых информационных технологий и переход к рыночной экономике обусловили необходи-

мость подготовки не просто инженерных кадров, а специалистов, способных решать задачи на стыке инженерии и информатики.

В основе решения профессиональных инженерных задач лежит построение различных алгоритмов, их анализ, оценка и выбор наиболее эффективных вариантов решения. Трансляция и реализация программных моделей различных информационных процессов и систем, связанных с функционированием объектов инженерной деятельности, возможны только при достаточно высоком уровне развития когнитивных способностей специалистов, в частности алгоритмического стиля мышления (АСМ). Наличие развитого АСМ у студентов бакалавриата технических направлений обучения не только облегчает процесс формирования у них умений и навыков решать разного рода профессионально ориентированные задачи, но и создает у выпускников уверенность в своих силах и способностях, повышает их конкурентоспособность на рынке труда.

Обзор литературы

Благотворное влияние алгоритмической деятельности на формирование мыслительных операций научно обосновано в работах М. В. Беяева¹, В. П. Беспалько², А. И. Газейкиной, П. Я. Гальперина³, Д. Э. Кнут, А. Н. Леонтьева, С. Л. Рубинштейна и др. [1–4]. Опираясь на труды перечисленных авторов, можно утверждать, что обучение программированию и алгоритмизации формирует способы мыслительной деятельности, развивает АСМ. Следовательно, методика обучения программированию бакалавров технических направлений должна не просто учитывать этот факт, а целенаправленно способствовать развитию когнитивных способностей студентов.

В научной литературе описываются различные подходы к обучению алгоритмизации и программированию. Так, А. Г. Гейн и А. И. Сенокосов предлагают активнее применять идеи структурного подхода⁴; В. Н. Иса-

¹ Беяев М. В. Алгоритмическое мышление как цель современного образования // Экология человека: взаимодействие культуры и образования в современных условиях: сборник материалов Международной региональной конференции ЮНЕСКО. Ч. 1. Новосибирск. 1998. 150 с.

² Беспалько В. П. Слагаемые педагогической технологии. Москва: Педагогика, 1989. 192 с.

³ Гальперин П. Я., Талызина Н. Ф. Современная теория поэтапного формирования умственных действий. Москва, 1979. 185 с.

⁴ Гейн А. Г., Сенокосов А. И. Информатика: методическое пособие. Москва: Дрофа, 2002. 288 с.

ков и В. В. Исакова считают целесообразным и эффективным постепенное повышение уровня мотивированности задач¹; по мнению Я. Н. Зайделямана, Г. В. Лебедева и Л. Е. Самовольновой, особое внимание следует уделять постоянной умственной работе студентов².

В педагогической практике при обучении алгоритмизации и программированию активно используются компьютерные презентации, обеспечивающие визуализацию учебного материала; обучающие видеоролики, иллюстрирующие выполнение различных алгоритмов. В последнее время все чаще стали применяться динамические игры, ментальные карты и схемы [5–9]. Все эти средства стимулируют развитие АСМ, повышают уровень усвоения учебного материала благодаря тому, что они задействуют как визуальный, так и аудиальный каналы восприятия информации [10]. Однако кинестетические способы обработки информации остаются почти невостребованными, хотя, согласно имеющейся статистике, именно они являются ведущими примерно у 40% людей [11–12]. Таким образом, существует противоречие между необходимостью развивать когнитивные способности студентов при обучении алгоритмизации и программированию и недостаточной разработанностью средств и инструментария для достижения данной цели.

Мы предприняли попытку разработать дидактические средства обучения алгоритмизации и программированию, направленные на развитие АСМ будущих инженеров, и теоретически обосновать необходимость применения данных средств.

Материалы, методы и результаты исследования

Для определения сущности алгоритмического стиля мышления в нашем исследовании использовался предложенный Н. И. Паком информационный подход к обучению, с позиций которого АСМ представляет собой процесс построения на основе алгоритмического тезауруса подходящей цепочки из хранящихся в памяти алгоритмических конструкций [13].

Структура АСМ включает три основных составляющие – чувственную, модельную и понятийную, что обусловило построение авторской трехуровневой модели развития АСМ (рис. 1) [14].

¹ Исаков В. Н., Исакова В. В. Алгоритмизация и программирование: методические аспекты // Информатика и образование. 1995. № 2. С. 44–49.

² Зайделяман Я. Н., Самовольнова Л. Е., Лебедев Г. В. Три кита школьной информатики // Информатика и образование. 1993. № 4. С. 13–16.

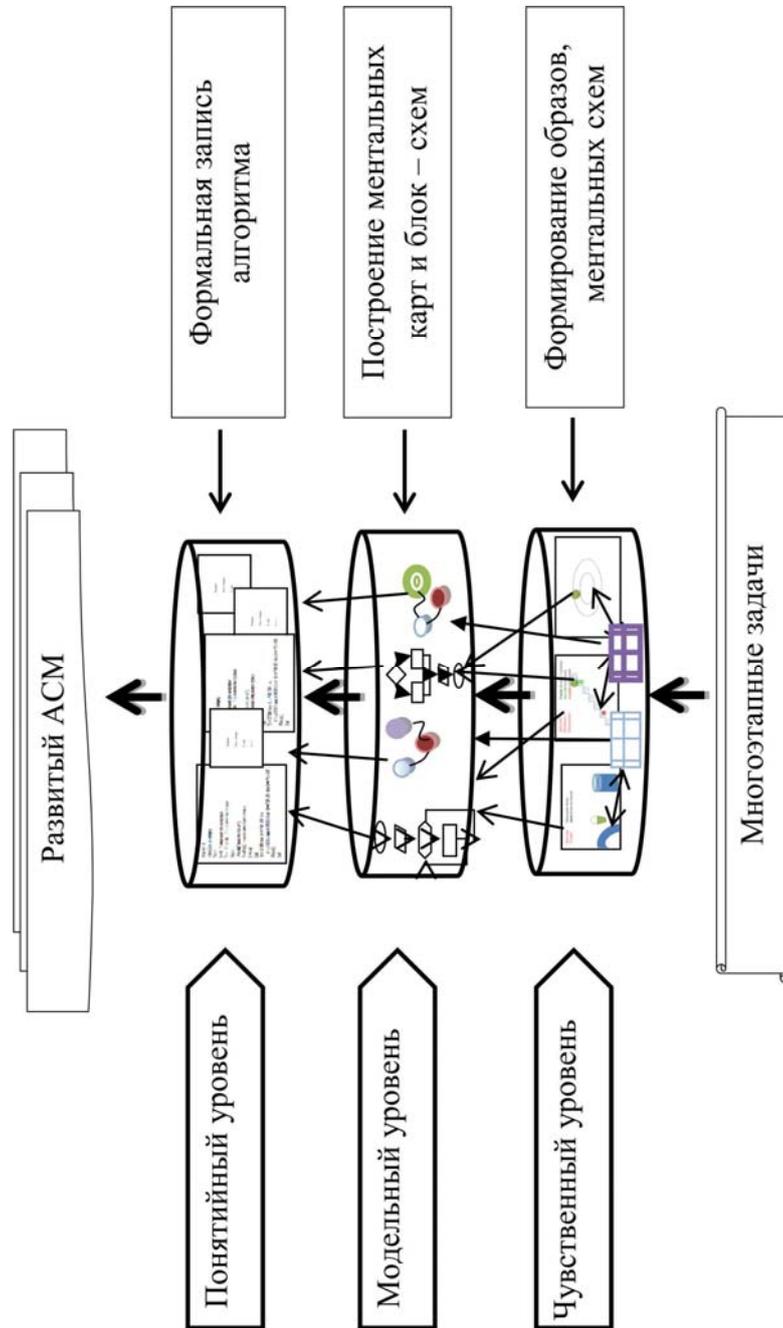


Рис. 1. Информационная модель развития АСМ
Fig. 1. The information model of AT development

Как было сказано выше, известные методы становления АСМ в основном нацелены на активизацию его модельной и понятийной компонент, а чувственная составляющая, базирующаяся на кинестетических каналах восприятия информации, используется мало или вообще остается без внимания. Вместе с тем, согласно положениям телесного подхода, который является относительно новым направлением в психологии, наши ощущения играют немаловажную роль в формировании мышления вообще и алгоритмического в частности [15–19]. Для обеспечения полноценного развития чувственной компоненты АСМ требуются специальные кинестетические тренажеры, под которыми мы понимаем средства становления и закрепления АСМ, способствующие возникновению мысленных образов и ментальных схем и учитывающие взаимосвязь телесных ощущений с другими каналами восприятия информации.

Исходя из положений информационного подхода к обучению и телесного – к психологии восприятия, а также из выявленных структурных особенностей АСМ, мы спроектировали модель обучения алгоритмизации и программированию бакалавров технических направлений, стимулирующую развитие их АСМ (рис. 2) [14]. Данная модель была апробирована в Сибирском федеральном университете в 2013–2016 учебных годах в процессе преподавания дисциплин «Информатика» и «Программирование».

Принимая во внимание, что традиционные методы развития АСМ практически не обращаются к чувственной компоненте мышления, остановимся на вопросе формирования АСМ на кинестетическом уровне более подробно.

Главной задачей обучения программированию на первой стадии выработки у студентов АСМ на интересующем нас уровне является создание алгоритмического образа в виде ментальной схемы. Для этой цели мы предлагаем использовать кинестетические тренажеры. Покажем возможности их применения на примере изучения будущими инженерами составных типов данных (массива, записей, множеств), алгоритмов сортировки массивов с помощью метода пузырька, а также освоения динамических типов данных (стека и очереди).

На начальной стадии студенты часто путают значение индекса элемента массива со значением самого элемента массива. Многие учащиеся не понимают, что все элементы массива должны быть одного типа, что массив должен обрабатываться поэлементно с помощью цикла; не осознают, как обратиться к нужному элементу массива, не допустить выхода за его пределы и т. п. Кинестетические тренажеры позволят студентам «осознать» массив, «поддержать» его в руках, выполнить самостоятельно действия, которые в дальнейшем учащиеся в качестве операторов языка программирования будут предписывать машине.

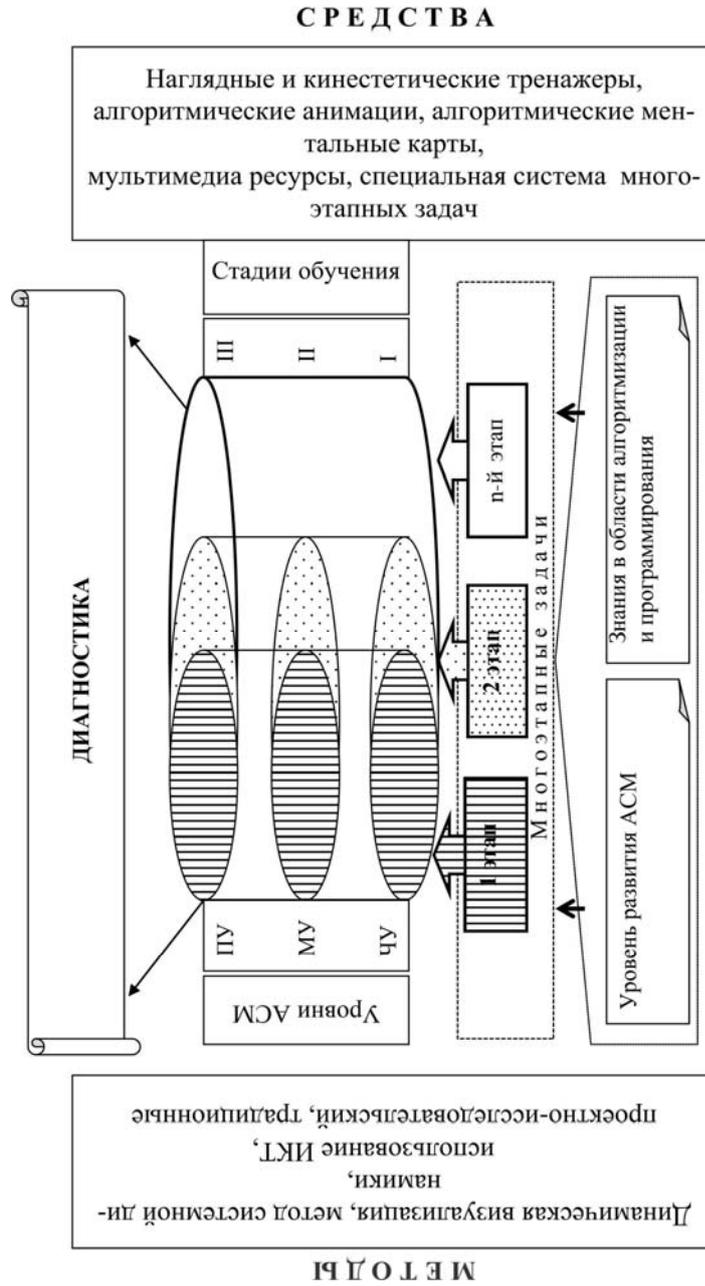


Рис. 2. Структурно-логическая модель обучения программированию студентов.
Уровни ACM: ПУ – понятийный; МУ – модельный; ЧУ – чувственный
Fig. 2. Structural and logical model of students training in programming

Тренажер для изучения статического одномерного массива представляет собой коробку с крышкой для хранения элементов массива, которая имитирует область памяти (рис. 3).



Рис. 3. Кинестетический тренажер для изучения составных типов данных: статический одномерный массив
Fig. 3. Kinesthetic training simulator for composite types of data studying: The static one-dimensional array

На крышке коробки (на «экране») написана инструкция по работе с тренажером, внутри находится поле размещения элементов массива (ячейки памяти). В соответствии с первым пунктом инструкции студент должен определиться с размерностью массива, задать количество его элементов. Чтобы «прочувствовать» массив, обучающийся должен из заранее заготовленных пронумерованных от 1 до N маленьких коробочек выбрать ровно такое их количество, какое соответствует размерности массива, и разложить коробочки в порядке их возрастания в поле для ячеек. Второй шаг – определение типа данных, которые заранее заготавливаются преподавателем. Массив представляет собой набор *однотипных* компонентов, и, чтобы подчеркнуть это, данные одного типа наносятся на фишки одной формы: например, на круглые фишки записываются цифры, на квадратные – символы и т. п. (рис. 4).

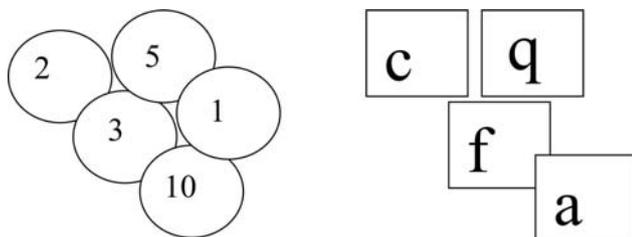


Рис. 4. Типы данных массива
Fig. 4. The types of data array

Учебная задача заключается в заполнении созданного массива элементами. Решение такой задачи требует использования цикла, для реализации которого студенту необходимо открывать по порядку с 1-й по N -ю ячейки и класть в них данные. Преподаватель обращает внимание обучающихся на то, что массив может заполняться двумя способами – с клавиатуры и с помощью генератора случайных чисел. В первом случае берется фишка с нужным числом и опускается в коробочку, во втором – выбирается наугад произвольная фишка и параллельно демонстрируется работа генератора случайных чисел. Поскольку студенту приходится выполнять одни и те же действия несколько раз, смысл и необходимость применения цикла для заполнения массива им усваивается довольно быстро и в необходимой степени.

При проектировании такого тренажера можно учесть различные варианты ввода элементов массива. Например, можно сделать открытой только одну коробочку для имитации одного элемента массива, которая должна закрываться автоматически: или можно задать условие извлечения содержимого из коробки только пинцетом, чтобы показать, что доступ к элементам массива осуществляется поэлементно и невозможно одновременно достать и держать в руках сразу два элемента массива или более и т. д.

Практика показывает, что определенные сложности у студентов возникают при изучении алгоритмов сортировки массива. Даже такой простейший алгоритм, имеющий явную натурную ассоциацию, как метод пузырька, после его описания на модельном и понятийном уровнях адекватно воспринимается далеко не всеми обучающимися.

Кинестетический тренажер, разработанный нами для изучения алгоритмов сортировки, выглядит как набор бильярдных шаров, уложенных на подставку. На каждом шаре, имитирующем элемент массива, подписан номер – индекс элемента массива, причем этот номер можно стереть и написать заново, поскольку в ходе выполнения алгоритма студенту придется менять элементы местами. Шары имеют разный вес, их количество равно N (например, 10). Цель учебного задания – упорядочить шары по мере убывания веса. Для подкрепления наглядных ассоциаций шары массива окрашены таким образом, что когда массив будет отсортирован, то цвета сложатся в определенной последовательности – в виде спектра радуги или постепенного усиления/ослабления тона.

Поскольку в соответствии с алгоритмом можно сравнивать только два соседних элемента массива, студенту предлагается взять в руки два рядом лежащих шара и определить, какой из них тяжелее и, если необхо-

димо, поменять шары местами, переписав на них индексы. Подобная процедура повторяется с последующими шарами вплоть до последней пары. Таким образом наглядно демонстрируется необходимость использования цикла, в ходе которого определяется количество повторений $N - 1$. В результате выполнения алгоритма самый легкий шар («пузырек») становится последним («всплывет на поверхность»), но остальные шары остаются неупорядоченными. Поэтому процедура повторяется с самого начала, но сравнение веса каждой пары выполняется теперь не 9, а $8(N - 2)$ раз: так как самый легкий элемент уже находится на своем месте, необходимость во взвешивании и сравнении последней пары шаров отпадает. Когда второй по легкости шар занимает свое место – становится предпоследним; «всплывает» очередной «пузырек». Наглядно убедившись, что процесс сравнения пар шаров приходится производить столько раз, сколько элементов в массиве ($= N$), студент осознает необходимость использования конструкции из двух вложенных циклов для реализации алгоритма сортировки. Причем, поскольку на каждом последующем этапе выполнения алгоритма приходится сравнивать все меньшее и меньшее количество пар, учащемуся становится понятно, почему индекс вложенного цикла (допустим, j) меняется не до N , а до $N - i$, где i – индекс внешнего цикла, который, в свою очередь меняется от 1 до N – столько раз, сколько раз приходится начинать процесс сначала.

Подобный тренажер может быть использован и для наглядной иллюстрации более сложных алгоритмов сортировки – сортировки Хоара, битовой или разрядной сортировки, которые очень часто остаются непонятны после первого словесного объяснения даже для сильных студентов.

Сложными для большинства обучающихся являются и принципы работы с динамическими типами данных. Отчасти трудности обусловлены стереотипами, возникающими у студентов при работе со статическими типами данных. Некоторые, например, полагают, что по индексу можно обратиться напрямую к любому элементу, однако эти действия неприемлемы в отношении таких динамических типов данных, как стеки и очереди. Кинестетический тренажер для изучения последних выглядит как тубус, в котором хранятся мячи для игры в теннис.

Стек – это однонаправленный список, в котором все включения и удаления выполняются с конца, т. е. он работает по принципу LIFO (last-in, first-out = «последним пришел – первым вышел»). Его моделью может служить тубус для мячей, открывающийся только с одного торца. Хорошо, если мячи будут разного цвета и студенты будут наглядно видеть, что если первым опустить в тубус красный мячик, а затем желтый, зеле-

ный и др., то для того, чтобы достать красный (например, с целью прочитать, что на нем написано), нужно выкатить все шары, которые были помещены в стек позже, чем требующийся объект.

Очередь – это однонаправленный список, в котором удаление элементов происходит из его начала, а включение новых элементов осуществляется в конце списка. В этом случае работает принцип FIFO (first-in, first-out = «первым пришел – первым вышел»). Моделью очереди может быть тубус для мячей, открывающийся с двух торцов, но с каждого из них должны быть установлены антиклапаны, работающие только в одном направлении.

Поскольку присвоение студентами АСМ при изучении курса программирования происходит за счет построения образа алгоритма действия и знакомства с комбинациями этих образов на каждом из уровней (чувственном, модельном и понятийном), после применения кинестетических тренажеров следует переходить к формированию модельной и понятийной составляющих алгоритмического стиля мышления.

На второй стадии обучения – развитии АСМ на модельном уровне – на основе построенной ментальной алгоритмической схемы представляются различные формы записи алгоритма решения задачи (вербальное описание, блок-схема и т. п.). При решении задачи студент сам выбирает наиболее понятный, на его взгляд, вид записи алгоритма.

Третья стадия освоения программирования, которой соответствует понятийный уровень формирования АСМ, посвящена изучению синтаксиса формальных языков компьютерных программ и записи алгоритма в виде программы на одном из них.

На модельном и понятийном уровнях становления и развития АСМ в качестве базовых средств обучения, с нашей точки зрения, весьма эффективны ментальные карты и многоуровневые задачи [14].

Алгоритмические образы возможно выстраивать разными способами; для этой цели могут использоваться образы одной или нескольких областей памяти и их комбинации в различных сочетаниях. Чем больше образов с верхних уровней АСМ будет задействовано, тем более развитым станет у человека рассматриваемый стиль мышления.

Заключение

Формирование АСМ должно начинаться с раннего возраста, но наиболее активным периодом признается школьный период. Однако современная школа ориентирована преимущественно на стимулирование развития логической и аудиальной составляющих мыслительного процесса.

По мнению профессора психологии Гарвардского лингвистического университета Г. Гарднера, обучение в общеобразовательных учебных заведениях рассчитано на детей с логико-математическим либо лингвистическим типами мышления, которые не являются преобладающими среди представителей нового поколения молодежи [20]. Получается, что значительная часть сегодняшних школьников и студентов остаются «за бортом» качественного образования.

Учитывая эти обстоятельства, мы предположили, что процесс формирования и развития АСМ будет проходить более эффективно и результативно, если в нем, кроме визуальной, аудиальной и абстрактной зон памяти обучающегося, будет задействована еще и его моторная деятельность.

В ходе предпринятого нами исследования:

- была спроектирована трехуровневая модель обучения программированию будущих инженеров, состоящая из трех компонентов – чувственного, модельного и понятийного, соответствующих структуре АСМ;

- с опорой на базовые положения телесного и информационного подходов к организации учебного процесса была теоретически обоснована необходимость разработки и использования кинестетических тренажеров для становления АСМ у студентов технических направлений подготовки при обучении их программированию;

- установлено, что выполнение алгоритмических операций вручную с помощью кинестетических тренажеров способствует выстраиванию в сознании обучающихся алгоритмических образов в виде ментальных схем, существенно упрощающих понимание учебного материала, позволяющих записать алгоритм решения задачи в виде блок-схемы, а затем – в виде программы на одном из формальных языков программирования;

- диагностика уровня развития АСМ (проводилась посредством теста Амтхауэра) и тестовая проверка качества обучения студентов Сибирского федерального университета подтвердили эффективность использования активизирующих моторную зону памяти кинестетических средств для усвоения требующихся умений и навыков по алгоритмизации деятельности и для закрепления знаний и компетенций в области программирования.

В дальнейшем мы планируем создание полного комплекса кинестетических тренажеров, обеспечивающего дидактическую поддержку всех тем вузовского курса «Программирование» и тиражирование данного комплекса средствами 3D-принтера.

Перспективы продолжения исследований в этом направлении видятся нам также в уточнении и детализации информационной модели

развития алгоритмического стиля мышления и ее применении при освоении студентами содержания других дисциплин, например математики.

Кроме того, в настоящее время открытым остается вопрос диагностики уровня алгоритмического мышления. Большинство существующих вариантов мониторинга знаний оценивают их качество и результативность образования в целом, тогда как для выявления состояния непосредственно алгоритмического мышления необходима разработка совокупности специфических диагностических процедур.

Список использованных источников

1. Газейкина А. И. Стили мышления и обучение программированию студентов педагогического вуза // Сборник докладов конференции ИТО. Москва, 2006. С. 102–103.
2. Кнут Д. Э. Алгоритмическое мышление и математическое мышление [Электрон. ресурс]. Режим доступа: http://ai.obrazec.ru/ai_sense.htm (дата обращения: 30.10.2015).
3. Леонтьев А. Н. Деятельность. Сознание. Личность. Москва: Смысл, 2002. 352 с.
4. Рубинштейн С. Л. Основы общей психологии. Санкт-Петербург: Питер, 2017. 718 с.
5. Балан И. В. Использование ментальных карт в обучении // Молодой ученый. 2015. № 11 (1). С. 58–59.
6. Гималетдинова К. Р., Мулеева А. Ю. Применение ментальных карт на уроках информатики // Инновационные тенденции развития системы образования: материалы VI Международной научно-практической конференции, 19 февраля 2017 г., Чебоксары. Чебоксары: Интерактив плюс, 2017. С. 59–61.
7. Жемчужников Д. Г. Разработка динамических игр как средства обучения программированию // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия: Информатика и информатизация образования. 2010. № 2. С. 49–51.
8. Иванов А. П., Федосеева А. П. Разработка комплекта ментальных карт для раздела «алгоритмизация и программирование» школьного курса информатики // Проблемы и перспективы физико-математического и технического образования: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. Тюмень: ТюмГУ, 2015. С. 91–95.
9. Tony Buzan, Jennifer Goddard. Brain Training for Kids // Proactive Press, 2012. 44 p.
10. Холодная М. А. Когнитивные стили: о природе индивидуального ума. Москва: ПЕР СЭ, 2002. 302 с.
11. Солсо Р. А. Когнитивная психология. Санкт-Петербург: Питер, 2006. 589 с.
12. Shapiro L. Embodied Cognition. New York: Routledge Press, 2011. 312 p.
13. Пак Н. И. Информационный подход и электронные средства обучения: монография. Красноярск: РИО КГПУ, 2013. 196 с.
14. Калитина В. В., Пушкарева Т. П., Степанова Т. А. Развитие алгоритмического стиля мышления при обучении программированию в вузе // Теоре-

тические и практические аспекты психологии и педагогики. Уфа: Аэтерна, 2015. С. 101–118.

15. Алюшин А. Л., Князева Е. Н. Телесный подход в когнитивной науке // *Философские науки*. 2009. № 2. 106 с.

16. Степанов М. А. Опыт мышления тела // *Вестник ЛГУ им. А. С. Пушкина*. Серия: Философия. 2010. № 1, Т. 2. С. 108–117.

17. Тхостов А. Ш. Психология телесности. Москва: Смысл, 2002. 287 с.

18. Wilson A. D. Embodied Cognition // *Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Available at: <https://plato.stanford.edu/entries/embodied-cognition/> (Accessed 30.10.2015)

19. Wilson A. D., Golonka S. Embodied Cognition is Not What you Think it is // *Journal of Front Psychol*. 2013. Vol. 4. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3569617/> (Accessed 30.10.2015)

20. Gardner H. Truth, beauty, and goodness reframed: educating for the virtues in the twenty-first century. New York: Basic Books, 2011. 244 p.

References

1. Gazeikina A. I. Thinking modes and programming teaching in a university. In: *Sbornik dokladov konferentsii ITO = A collection of ITO Conference Reports*. Moscow; 2006. p. 102–103. (In Russ.)

2. Knut D. E. Algoritmicheskoe myshlenie i matematicheskoe myshlenie = Algorithmic and mathematical mode of thinking [Internet] [cited 2015 Oct 30]. Translated by I. V. Lebedev. Available from: http://ai.obrazec.ru/ai_sense.htm (In Russ.)

3. Leontev A. N. Deiatelnost. Soznanie. Lichnost = Activity. Consciousness. Personality. Moscow: Publishing House Smysl; 2002. 352 p. (In Russ.)

4. Rubinshtein S. L. Osnovy obshchei psikhologii = Fundamentals of the general psychology. Saint-Petersburg: Publishing House Piter; 2017. 718 p. (In Russ.)

5. Balan I. V. The usage of mental maps in training. *Molodoj uchenyj = Young Scientist*. 2015; 11 (1): 58–59. (In Russ.)

6. Gimaletdinova K. R., Muleeva A. IU. Application of mental maps at informatics lessons. In: *Innovacionnye tendencii razvitija sistemy obrazovanija: materialy VI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii = Innovative Tendencies of Educational System Development. VI International Scientific Practical Conference Materials*; 2017 Feb 19; Cheboksary. Cheboksary: Publishing House TSNS Interactive Plus; 2017. p. 59–61. (In Russ.)

7. Zhemchuzhnikov D. G. Dynamic games as means of programming teaching. *Vestnik Moskovskogo gorodskogo pedagogicheskogo universiteta. Seriya: Informatika i informatizatsiia obrazovanija = Moscow Pedagogical University Bulletin. Series: Informatics and Informatization of Education*. 2010; 2: 49–51. (In Russ.)

8. Ivanov A. P., Fedoseeva A. P. Development of a set of mental maps for the section «algorithmization and programming» of a school course of informatics. In: *Problemy i perspektivy fiziko-matematicheskogo i tehničeskogo obrazovanija: sbornik materialov Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii = Problems and Perspectives of Physico-Mathematical and Technical Education. Collected Works of All-Russian Scientific Practical Conference*; 2015 Nov 19–25; Ishim. Tyumen: Tyumen State University; 2015. p. 91–95. (In Russ.)

9. Tony Buzan, Jennifer Goddard. Brain Training for Kids. Proactive Press; 2012. 44 p.
10. Kholodnaia M. A. Kognitivnye stili: o prirode individual'nogo uma = Cognitive styles: About the nature of individual mind. Moscow: Publishing House PER SE; 2002. 302 p. (In Russ.)
11. Solso R. L. Kognitivnaja psihologija = Cognitive psychology. St.-Petersburg: Publishing House Piter; 2006. 589 p. (In Russ.)
12. Shapiro L. Embodied Cognition. New York: Routledge Press; 2011. 312 p.
13. Pak N. I. Informacionnyj podhod i jelektronnye sredstva obuchenija = Information approach and electronic tutorials. Krasnoyarsk: RIO KGPU; 2013. 196 p. (In Russ.)
14. Kalitina V. V., Pushkaryeva T. P., Stepanova T. A. Development of algorithmic style of thinking when training in programming in a higher educational institution. In: *Teoreticheskie i prakticheskie aspekty psihologii i pedagogiki. III Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija = Theoretical and Practical aspects of Philosophy and Pedagogy. III International Scientific and Practical Conference*; 2014 Nov 10; Ufa. Ufa: Ajeterna; 2015. p. 101–118. (In Russ.)
15. Aljushin A. L., Knjazeva E. N. Corporal approach in cognitive science. *Filosofskie nauki = Philosophical Sciences*. 2009; 2: 106 p. (In Russ.)
16. Stepanov M. A. Body thinking experience. *Vestnik LGU im A S Pushkina. Serija: Filosofija = Bulletin of Leningrad State University named after A. S. Pushkin. Series: Philosophy*. 2010; 1 (2): 108–117. (In Russ.)
17. Thostov A. Sh. Psihologija telesnosti = Corporality psychology. Moscow: Publishing House Smysl; 2002. 287 p. (In Russ.)
18. Wilson A. D. Embodied cognition [Internet]. Stanford Encyclopedia of Philosophy [cited 2015 Oct 30]. Available from: <https://plato.stanford.edu/entries/embodied-cognition/>
19. Wilson A D., Golonka S. Embodied cognition is not what you think it is. *Journal of Front Psychol* [Internet]. 2013 [cited 2015 Oct 30]; 4: 58. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3569617/>
20. Gardner H. Truth, beauty, and goodness reframed: Educating for the virtues in the twenty first century. New York: Basic Books; 2011. 244 p.

Информация об авторах:

Пушкарева Татьяна Павловна – доктор педагогических наук, доцент, профессор кафедры материаловедения и технологий обработки материалов Сибирского федерального университета; профессор базовой кафедры информатики и информационных технологий в образовании Красноярского государственного педагогического университета им. В. П. Астафьева; Scopus Author ID: 0000-0002-5259-4547; Красноярск, Россия. E-mail: a_tatianka@mail.ru

Степанова Татьяна Анатольевна – кандидат педагогических наук, доцент базовой кафедры информатики и информационных технологий в образовании Красноярского государственного педагогического университета им. В. П. Астафьева, Красноярск, Россия. E-mail: step1350@mail.ru

Калитина Вера Владимировна – кандидат педагогических наук, доцент кафедры прикладной математики и информационно-компьютерной безопасности Красноярского государственного аграрного университета, Красноярск, Россия. E-mail: vesik_kl@mail.ru

Вклад соавторов:

Пушкарева Т. П. и Степанова Т. А. теоретически обосновали проектирование, разработку и использование в учебном процессе кинестетических средств развития алгоритмического стиля мышления при обучении программированию.

Калитина В. В. разработала и реализовала на практике кинестетические средства развития алгоритмического стиля мышления при обучении студентов программированию.

Статья поступила в редакцию 27.04.2017; принята в печать 13.09.2017.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Information about the authors:

Tatiana P. Pushkaryeva – Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Materials Science and Materials Processing Technologies, Siberian Federal University; Professor of the Department of Informatics and Information Technologies in Education, Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V. P. Astafiev; Scopus Author ID: 0000-0002-5259-4547; Krasnoyarsk, Russia. E-mail: a_tatiana@mail.ru

Tatyana A. Stepanova – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Department of Informatics and Information Technologies in Education, Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V. P. Astafiev, Krasnoyarsk, Russia. E-mail: step1350@mail.ru

Vera V. Kalitina – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Department of Applied Mathematics and Information-Computer Security, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia. E-mail: vesik_kl@mail.ru

Contribution of the authors:

Tatiana P. Pushkaryeva and **Tatyana A. Stepanova** – theoretically justified the design, development and use of kinesthetic tools for the algorithmic thinking development when training in programming.

Vera V. Kalitina – constructed kinesthetic tools for the algorithmic thinking development when training in programming, and applied them in educational process.

Received 27.04.2017; accepted for publication 13.09.2017.

The authors have read and approved the final manuscript.