

19. Sociologiya: E'nciklopediya. [Sociology: encyclopedia]. Minsk: Publishing House Knizhnyj Dom/ [Book House]. 2003. 934 p. Available at: <http://voluntary.ru/dictionary/568/word/obrazovanie>. (In Russian)
20. Uiddet S., Holliford S. Rukovodstvo po kompetencijam. [Guide on competences]. Available at: <http://hr-portal.ru/pages/hrm/competition.php>. (In Russian)
21. FGOS VPO po napravleniyu podgotovki 030300 Psihologiya (kvalifikaciya (stepen') «bakalavr»), vveden v dejstvie prikazom Minobrnauki Rossii ot 29.12.2009 № 759. Federal State Educational Standard of Higher Vocational Education on the course 030300 Psychology (qualification (degree) «bachelor»). Approved by the order of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, d.d. 29 December, 2009, No. 759. Available at: <http://base.garant.ru/197457/>. (In Russian)
22. Yudin E'.G. Metodologiya nauki. Sistemnost'. Deyatel'nost'. [Science methodology. Systemacity. Activity]. Moscow: Publishing House Jeditorial URSS, 1997. 440 p. Available at: <http://www.twirpx.com/file/794629/>. (In Russian)
23. Stoof A., Martens R. L., Merrienboer J. J. G. Chto est' kompetenciya? Konstruktivistskij podxod kak vy'ход iz zameshatel'stva. – Open University Of the Netherlands, 2007. Translated from English by E. Oryol. Available at: <http://hr-portal.ru/article/chto-est-kompetenciya-konstruktivistskiy-podhod-kak-vyhod-iz-zameshatelstva>. (In Russian)

УДК 37.03

Хеннер Евгений Карлович

*член-корреспондент Российской академии образования, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой информационных технологий Пермского государственного национального исследовательского университета, Пермь (РФ).
E-mail ehenner@psu.ru*

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЕ МЫШЛЕНИЕ

Аннотация. Цель представленного в статье исследования – привлечь внимание педагогической общественности к феномену вычислительного мышления, активно обсуждаемому в последнее десятилетие в зарубежной научно-педагогической литературе, обосновать его теоретическую значимость, практическую полезность и право на институирование в отечественном образовании.

Методы. Исследование базируется на анализе зарубежных исследований феномена вычислительного мышления и путей его формирования в процессе образования; на сопоставлении понятия «вычислительное мышление» с родственными понятиями, используемыми в российской научно-педагогической литературе.

Результаты. Понятие «вычислительное мышление» проанализировано как с точки зрения его интуитивного понимания, так и в научно-прикладных аспектах. Показано, как эволюционировало данное мышление в процессе развития технических и программных средств информатики. Описана практико-ориентированная интерпретация вычислительного мышления, доминирующая в среде работников образования, наряду с некоторыми приемами его формирования. Доказано, что этот вид мышления является как метапредметным результатом общего образования, так и его инструментом. С точки зрения автора, целенаправленное развитие вычислительного мышления должно стать одной из задач российского образования.

Научная новизна. Теоретически обоснована значимость понятия «вычислительное мышление» как метапредметного результата обучения. Описана динамика развития этого понятия в процессе эволюции компьютерных и информационных технологий и расширения пространства задач, для эффективного решения которых необходимо вычислительное мышление. Обосновано утверждение о том, что перенос понятия «вычислительное мышление» в принятую в отечественном образовании систему педагогических понятий восполняет существующий в ней пробел.

Практическая значимость. Выделен новый метапредметный результат образования, связанный с формированием личностных и профессиональных качеств человека, живущего и работающего в информационном обществе.

Ключевые слова: вычислительное мышление, информационные технологии, метапредметный результат образования.

DOI: 10.17853/1994-5639-2016-1-18-33

Khenner Evgeniy K.

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Associated Member of the Russian Academy of Education, Professor, Head of Department of Information Technologies, Perm State National Research University, Perm (RF).

E-mail ehenner@psu.ru

COMPUTATIONAL THINKING

Abstract. The aim of the research is to draw attention of the educational community to the phenomenon of computational thinking which actively discussed in the last decade in the foreign scientific and educational literature, to substantiate of its importance, practical utility and the right on affirmation in Russian education.

Methods. The research is based on the analysis of foreign studies of the phenomenon of computational thinking and the ways of its formation in the process of education; on comparing the notion of «computational thinking» with related concepts used in the Russian scientific and pedagogical literature.

Results. The concept «computational thinking» is analyzed from the point of view of intuitive understanding and scientific and applied aspects. It is shown as computational thinking has evolved in the process of development of computers hardware and software. The practice-oriented interpretation of computational thinking which dominant among educators is described along with some ways of its formation. It is shown that computational thinking is a metasubject result of general education as well as its tool. From the point of view of the author, purposeful development of computational thinking should be one of the tasks of the Russian education.

Scientific novelty. The author gives a theoretical justification of the role of computational thinking schemes as metasubject results of learning. The dynamics of the development of this concept is described. This process is connected with the evolution of computer and information technologies as well as increase of number of the tasks for effective solutions of which computational thinking is required. Author substantiated the affirmation that including «computational thinking» in the set of pedagogical concepts which are used in the national education system fills an existing gap.

Practical significance. New metasubject result of education associated with the formation of personal and professional qualities the persons living and working in the information society is formulated.

Keywords: computation thinking, information technologies, metasubject result of education.

DOI: 10.17853/1994-5639-2016-1-18-33

Цель данной статьи – привлечь внимание научно-педагогической общественности к феномену вычислительного мышления, активно обсуждаемому в последнее десятилетие в зарубежной научно-педагогической литературе, и обозначить возможные пути его формирования в отечественном образовании.

Обсуждаемый феномен был изначально назван «Computational Thinking». Буквальный перевод на русский язык – «Вычислительное мышление» – вынужденный вариант, поскольку английское слово Computational, кроме использования в чисто математическом смысле (производство вычислений), в настоящее время параллельно используется в более широком смысле, родственном термину «Computing» (Компьютинг) – собирательному обозначению совокупности компьютерных наук (Computer Science), информационных технологий и информационных систем, компьютерной и программной инженерии (см., например, [6, 7]). Однако любой другой перевод термина Computational Thinking, более «правильный» с точки зрения интерпретации (например, «Информатическое мышление»), вряд ли будет воспринят; кроме того, термин «Вычислительное мы-

шление», привязанный к англоязычной первооснове, уже несколько раз использовался в российской научной литературе (см., например, [2, 4]).

Широкое использование термина Computational Thinking началось с опубликования в 2006 г. одноименной работы профессора Корнельского университета (США) Жаннетты Винг (Jeanette Wing), описавшей назначение вычислительного мышления следующим образом: «Вычислительное мышление является способом решения проблем людьми, а не попыткой уподобить человеческое мышление компьютерам. Компьютеры – скучные и нудные, а люди умны и обладают воображением. Мы, люди, делаем компьютеры эффективными. Оснащенные вычислительными устройствами, мы используем наш ум, чтобы решать проблемы, которые мы не могли решать до компьютерной эры и создавать системы, обладающие функциональностью, ограниченной только нашим воображением» [13].

Как нередко бывает в таких случаях, вскоре выяснилось, что этим термином в более узком смысле пользовался на 10 лет раньше при обсуждении проблем математического образования известный в России ученый-педагог Сеймур Пейперт [11], однако тогда термин носил несколько иной смысловой оттенок и не привлек внимания. В настоящее время интерпретации понятия «вычислительное мышление» и способам его формирования посвящены за рубежом десятки работ – психологов, философов, ИТ-специалистов и, конечно, педагогов и методистов – как школьных, так и вузовских.

В приведенной выше цитате определения того, что такое вычислительное мышление, по существу, нет. Впоследствии Жаннетта Винг сформулировала следующий вариант определения: «Вычислительное мышление – это мыслительные процессы, участвующие в постановке проблем и их решения таким образом, чтобы решения были представлены в форме, которая может быть эффективно реализована с помощью средств обработки информации» [14].

В пояснении сказанного там же говорится: «Моя интерпретация слов «проблема» и «решение» является широкой. Я имею в виду не только математически четко определенные проблемы, решения которых полностью анализируемы, например, доказательство, алгоритм или программа, но и проблемы в реальном мире, решения которых могут иметь вид крупных, сложных программных систем. Таким образом, вычислительное мышление пересекается с логическим мышлением и системным мышлением. Оно включает в себя алгоритмическое мышление и параллельное мышление, которые, в свою очередь привлекают другие виды мыслительных процессов, таких, как композиционные рассуждения, действия по шаблону, процедурное мышление и рекурсивное мышление. Вычисли-

тельное мышление используется в постановке и анализе проблем и их решений, широком толковании».

Всестороннее академичное обсуждение понятия «вычислительное мышление» приведено в отчете рабочей группы по возможностям и природе вычислительного мышления [12], подготовленном Национальной академией наук США (частная неправительственная организация). Члены рабочей группы высказали ряд суждений о сущности вычислительного мышления (ВМ). Ниже – сокращенные версии некоторые из этих суждений¹.

- ВМ тесно связано с процессуальным мышлением, определение которого сформулировал Сеймур Пейперт еще в 1981 г. [5]. Процессуальное мышление включает в себя разработку, представление, тестирование и отладку процедур, представляющих собой набор пошаговых инструкций, каждая из которых может быть формально интерпретирована и исполнена специальным исполнителем, таким как компьютер или автоматическое оборудование.

- ВМ связано с изучением механизмов интеллекта, сопровождаемым практическими приложениями, выражаемыми в усилении человеческого интеллекта путем использования инструментов, помогающих автоматизировать решение сложных задач.

- ВМ должно увязывать мыслительные процессы с технологическими артефактами.

- ВМ – мост между наукой и инжинирингом, метанаука об изучении путей или методов мышления, применимая к различным дисциплинам. С этой точки зрения, ВМ является центральным элементом рассуждений, происходящих при переходе от изучения физических явлений к применению научных наблюдений.

- ВМ в первую очередь есть мышление о процессах и абстрактных явлениях, сопровождающих процессы, в то время как другие области науки в большей мере фиксируют внимание на физических объектах.

- ВМ связано с семиотическими системами для артикуляции явных знаний и выявления неявных знаний, проявления таких знаний в конкретных вычислительных формах и управления продуктами, произведенными из таких интеллектуальных усилий.

- ВМ – способ формулирования точных методов эффективного решения задач, включая тщательный анализ задач и процедур решения.

- ВМ – то, что люди делают, воспринимая мир, рассматривая процессы, манипулируя цифровыми представлениями и моделями (и, следо-

¹ Более полное представление, не ограниченное размерами данной статьи и переводческими возможностями ее автора, можно получить из оригинального текста цитируемого отчета.

вательно, все люди в какой-то мере занимаются вычислительным мышлением уже в повседневной жизни).

- ВМ является открытым и растущим списком понятий, отражающих динамическую природу технологий и обучения человека, сочетающим в себе элементы, описанные выше, а также такие, как «автоматизация интеллектуальных процессов» и «изучение информационных процессов». Особенно актуальным делает вычислительное мышление то, что компьютеры могут выполнять наши «вычислительные мысли» и что компьютеры стали «партнерами и сотрудниками» в исследованиях.

Из приведенных суждений видно, сколь широк спектр представлений о вычислительном мышлении.

Участники рабочей группы приводили примеры успешности вычислительного мышления. Так, при секвенировании генома человека успех был обусловлен тем, что традиционный метод прохождения ДНК, состоящего из 3–4 млрд пар оснований, шаг за шагом был заменен методом «дробовика» (shotgun sequencing), который намного сложнее, но многократно быстрее работает. При секвенировании этим методом ДНК случайным образом фрагментируется на мелкие участки, которые секвенируют обычными методами. Полученные перекрывающиеся случайные фрагменты ДНК затем собирают с помощью специальных программ в одну большую последовательность.

Этот пример иллюстрирует, что человек, обладающий вычислительным мышлением, понимает, что решение сложных проблем может быть найдено на основе алгоритмов и автоматизации. Человек, думающий «вычислительно», понимает, что численное моделирование может помочь в решении сложных проблем в различных сферах деятельности, таких, как изменение климата, экономической политики, в процессе принятия решений по вопросам образования и т. д. – эти и другие примеры также приводились участниками обсуждения.

В отечественной научной литературе упоминаний о вычислительном мышлении немного. Весьма отчетливо представление о нем сформулировано В. Э. Вольфенгагеном: «Вычислительное мышление играет роль инструмента, дающего возможности анализа происходящих информационных процессов – вне зависимости от того, состоялись ли уже эти процессы, находятся ли они в стадии разворачивания или только еще предполагаются как возможные. Законы компьютинга устанавливаются и понимаются как краткий и экономичный способ выразить то общее, что происходит в многообразии частных для конкретных информационных процессов» [2].

Обсудим эволюцию вычислительного мышления в контексте развития средств вычислительной техники и информационных технологий. Их

использование для решения задач можно условно разделить на этапы. Первые ЭВМ создавались для решения вполне определенного и достаточно узкого круга задач математического моделирования (ядерная физика, баллистика и т. д.). На этом этапе реализовывался путь от немногих избранных, особо важных в соответствующий исторический период, задач к машинам (основная проблема: как построить машину для решения отдельных заданных задач). Когда ЭВМ стали более доступными, математики и физики научились решать на них другие задачи – физики, механики, инженерного дела и т. д., для которых существовали (или специально разрабатывались) математические модели (основная проблема – разработка эффективных алгоритмов и программ). На третьем, современном, этапе доминирует поиск методов решения почти любых задач на компьютерах; при этом на первый план выходит проблема адекватного представления данных и знаний и создание проблемно-ориентированных программных комплексов, обладающих высокоразвитым человеко-машинным интерфейсом.

На рис. 1 изображена «чаша задач», решаемых с применением компьютерных информационных технологий. На условной временной шкале обозначены три точки бифуркации: создание первых ЭВМ, создание персональных компьютеров и современных компьютерных сетей и телекоммуникаций. Каждая из них знаменовалась резким увеличением числа задач, решаемых с помощью компьютеров.

Оба пространства задач, изображенных символически на рис. 1, не являются статичными. Непрерывно появляются новые задачи, порожденные человеческой деятельностью, и для решения части из них находят (или заново создаются) компьютерные технологии.

На уровне разработки компьютерных программ указанная эволюция отражается в смене парадигм программирования и в переходе к доминирующей в наше время объектной парадигме, включающей этапы объектно-ориентированного анализа и проектирования. «Объектно-ориентированная технология основывается на так называемой объектной модели. Основными ее принципами являются: абстрагирование, инкапсуляция, модульность, иерархичность, типизация, параллелизм и сохраняемость... Методы объектно-ориентированного проектирования созданы, чтобы помочь разработчикам применять мощные выразительные средства объектного и объектно-ориентированного программирования, использующего в качестве блоков классы и объекты» [1].

Отметим, что, кроме совершенствования технических средств и методов программирования, огромную роль в стремительном наращивании числа задач, решаемых с помощью информационно-коммуникационных

технологий, сыграло развитие программных систем для решения задач множества сфер профессиональной деятельности; эти системы, открывая прямой доступ к информационным технологиям, не требуют от пользователей навыков программирования в его классическом понимании. Замечательная метафора А. П. Ершова «программирование – вторая грамотность» (метафорой эту фразу называл сам академик Ершов [3]), сыгравшая важную роль на начальном этапе школьной информатики, оказалась метафорой в большей мере, чем можно было предположить 30 лет назад. Исчезновение барьера программирования позволило миллионам специалистов не только из сфер естественнонаучных и инженерных видов деятельности, но и гуманитарных и социальных, использовать компьютер в повседневной работе, а сотням миллионов – в быту.

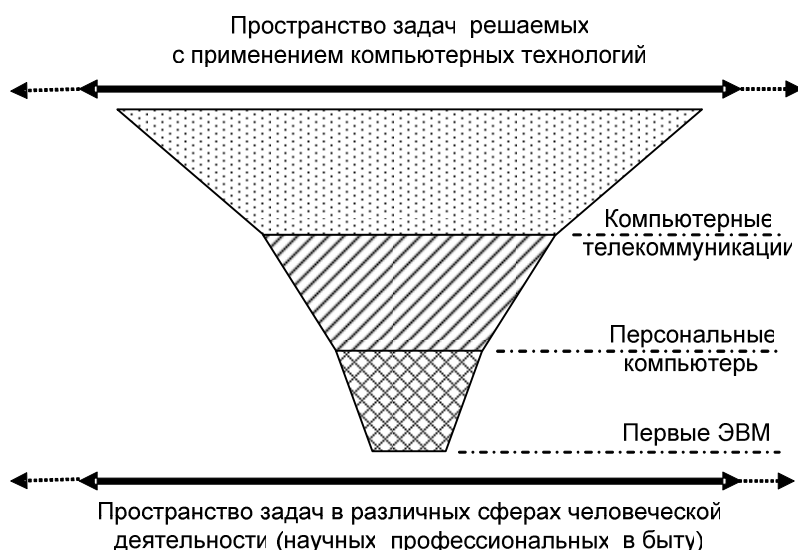


Рис. 1. «Чаша задач», решаемых с применением средств информационных компьютерных технологий

Возьмем на себя смелость заметить, что на роль «второй грамотности» сегодня претендует нечто иное: умение применять современные информационные и коммуникационные технологии к решению возникающих перед человеком задач. Формирование таких умений как составляющих информационно-коммуникационной компетентности является важной задачей образования, начиная со школьной скамьи; эти умения также есть важная часть профессиональной подготовки. «Необычайный успех компьютерных технологий показывает, что компромиссы, концептуальные инструменты, разработанные специалистами в компьютерных науках, находят широкое применение

ние за рамками простого вычисления. В действительности происходящая всеобщая информатизация выдвигает новый показатель квалификации специалиста. Этот показатель можно сформулировать как способность понимать и применять фундаментальные вычислительные принципы к широкому спектру человеческой деятельности» [2].

Но, как показывает опыт, одних таких умений мало – к ним надо добавить некое качество, которое только на первый взгляд может показаться эфемерным – нацеленность на указанное выше применение, определенный стиль мышления. Таким качеством и является вычислительное мышление. То обстоятельство, что это понятие формализовалось лишь 10 лет назад, не означает, что соответствующее качество не было важным много раньше – этот стиль мышления, латентно существовавший очень давно, актуализировался при создании первых ЭВМ, ставших для него инструментом реализации; при этом облик вычислительного мышления менялся параллельно с эволюцией технических и программных средств и стремительным расширением пространства решаемых задач.

Вопросы, связанные с вычислительным мышлением, обсуждаются за рубежом не только учеными и ИТ-специалистами, но и в профессиональном педагогическом сообществе. На сайте Американской ассоциации учителей информатики (Computer Science Teachers Association) есть специальный раздел, посвященный понятию «вычислительное мышление» и способам его формирования [10]. Там же находятся в свободном доступе некоторые методические материалы и руководства.

Начнем с приведенного в этом разделе рабочего (операционного) определения исходного понятия, обеспечивающего рамки и единый лексикон при обсуждении в сообществе школьных учителей.

«Вычислительное мышление – процесс решения проблем, включающий следующие характеристики (но не ограничивающийся ими):

- формулирование проблем таким образом, чтобы позволить использовать компьютер и другие инструменты для их решения;
- логическую организацию и анализ данных;
- представление данных через абстракции, такие как модели и имитации;
- автоматизацию решения посредством алгоритмического мышления (серии упорядоченных шагов);
- выявление, анализ и реализацию возможных решений с целью достижения наиболее эффективного и эффектного сочетания шагов и ресурсов;
- обобщение и перенос процесса решения данной проблемы на процесс решения широкого круга задач».

Вычислительное мышление увязывается с рядом личностных качеств учащихся:

«Перечисленные выше навыки должны поддерживаться и усиливаться рядом качеств, которые являются необходимыми признаками вычислительного мышления. Эти качества включают в себя:

- уверенность при наличии сложностей;
- стойкость в работе с трудными проблемами;
- толерантность в ситуации неопределенности;
- способность справиться с незавершенными проблемами;
- умение общаться и работать с другими людьми для достижения общей цели или решения».

Согласно сказанному выше, вычислительное мышление является понятием наддисциплинарным и, если говорить об образовании, формируется в процессе изучения самых разных дисциплин – математических, естественнонаучных, технических и др. Пользуясь современной терминологией, вычислительное мышление – важный метапредметный и личностный результат образования.

В таблице, заимствованной из работы [8], приведены примеры того, как развитие вычислительного мышления может быть поддержано в учебной деятельности по некоторым дисциплинам и их группам.

Примеры возможностей	Информатика	Математика	Естественные науки	Социальные науки	Гуманитарные науки
1	2	3	4	5	6
Сбор данных	Поиск источника данных для проблемной области	Поиск источника данных для проблемной области (бросание монет или игровой кости)	Сбор экспериментальных данных	Изучение статистических данных	Лингвистический анализ предложений
Анализ данных	Написание программ для основных статистических расчетов на множестве данных	Анализ результатов статистических испытаний (бросание кости)	Анализ экспериментальных данных	Идентификация трендов в статистических данных	Идентификация шаблонов в предложениях
Представление данных	Использование структур данных, таких как массивы, связанные списки, стеки, очереди,	Использование гистограмм, круговых диаграмм, списков, графиков и т. д. для	Итоговое представление эксперименталь-	Итоговое представление трендов	Представление шаблонов в предложениях

1	2	3	4	5	6
	графы и др.	представления данных	ных данных		ях
Пробле- ма де- компози- ции	Определение объектов, методов и функций	Применение порядка операций в выражениях	Разработка классификаций		Создание схем
Абстрак- ция	Использование процедур ин-капсуляции набора часто повторяющихся команд; использование условий, циклов, рекурсий и т. д.	Использование переменных в алгебре; изучение функций в алгебре и сравнение с функциями в программировании; использование итерации в решении задач	Построение модели физической сущности	Представление фактов, вывод заключений из фактов	Использование сравнений и метафор; написание историй с подразделами
Алгорит- мы и проце- дуры	Изучение классических алгоритмов; использование алгоритмов для решения проблем	Выполнение деления столбиком, разложения на множители; перенос цифр между колонками при сложении и вычитании	Выполнение экспериментальных процедур		Запись инструкций
Автоматизация		Использование таких инструментов, как интерактивные графические системы, языков StarLogo, Python	Использование компьютерно-оснащенных лабораторных работ	Использование электронных таблиц	Использование программ проверки орфографии
Распараллеливание	Представление данных в виде, допускающем параллельную обработку	Решение систем линейных уравнений, умножение матриц	Совместно выполняемые эксперименты с различными параметрами		

1	2	3	4	5	6
Моделирование	Алгоритмы анимации, параметризация и оптимизация	Графики функций и изменение значений переменных	Моделирование движения тел в солнечной системе	Игры типа «Эпоха империй»	Исторические реконструкции

Из иных ресурсов, созданных для поддержки развития вычислительного мышления, отметим обширную коллекцию учебных материалов (учебных планов, видеоресурсов и т. д.), размещенную на сайте Google for Education [9].

Для отечественного образования задача выделения вычислительного мышления в самостоятельную категорию, по мнению автора, актуальна. Это будет способствовать активизации исследования путей формирования вычислительного мышления в среде российского образования с учетом его традиций и стоящих перед ним задач, а процесс формирования вычислительного мышления станет более продуктивным. Более того, развитое вычислительное мышление является не только результатом, но и полезным инструментом образования.

Необходимо отметить, что термин «вычислительное мышление» в российском образовании не приходит на пустое место – связанная с ним проблематика обсуждается давно, и в соответствующем педагогическом домене есть несколько родственных терминов. В отечественной педагогической литературе описан ряд характеристик личности, образованных сочетанием родового понятия «алгоритмический», «логический», «системный», «компьютерный», «информационный», «цифровой» с некоторым качеством из перечня «грамотность», «культура», «компетентность», «мышление» (рис. 2). Естественно возникает вопрос, не является ли понятие «вычислительное мышление» лишним в том смысле, что оно исчерпывается ранее введенными. Отметим, что в англоязычной литературе почти все эти пары понятий также представлены (хотя и не всегда в той содержательной интерпретации, как в отечественной), что не помешало укорениться понятию Computational Thinking.

По мнению автора, понятие «вычислительное мышление» не сводится ни к какому из сочетаний, отраженных на рис. 2. Прежде всего, даже по формальным признакам, со стилем мышления не могут конкурировать ни «грамотность», ни «культура», ни «компетентность». В исследованиях по вычислительному мышлению не раз подчеркивалось, что его не следует отождествлять ни с алгоритмическим и/или математическим мышлением, ни с компьютерной грамотностью, ни с информационной компетентно-

стью. Алгоритмическое, логическое, системное и информационное мышление, пересекаясь с вычислительным мышлением, не исчерпывают его.

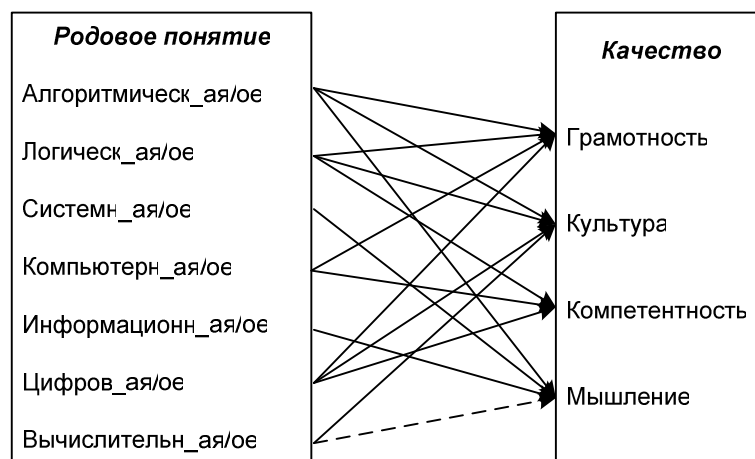


Рис. 2. Сочетания терминов, имеющие место в отечественной научной и педагогической литературе

Формирование вычислительного мышления можно рассматривать в связке с формированием информационно-коммуникационной компетентности и информационной культуры. В процессном плане они могут быть неразрывны, но как результат образования вычислительное мышление сохраняет в этой триаде относительную самостоятельность: человек, обладающий вычислительным мышлением, должен быть ориентирован на решение задач с помощью средств инфокоммуникационных технологий, привычно мыслить соответствующими категориями. Возможно, это и есть главная черта вычислительного мышления; его наличие должно стать важным личностным и метапредметным результатом школьного (и не только школьного) образования, а также его инструментом.

*Статья рекомендована к публикации
д-ром пед. наук, проф. Л. В. Зайцевой*

Литература

1. Буч Г., Максимчук Р. А. и др. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений: перевод с англ. Москва: Вильямс, 2010. 720 с.;
2. Вольфенгаген В. Э. Область между практическими навыками и фундаментальными принципами вычислений [Электрон. ресурс] // Аппликативные вычислительные системы: материалы III Международной конференции ABC 2012. Москва, 26–28 ноября 2012 г. С. 1–7. Режим доступа: [http:// jurinfor](http://jurinfor).

exponenta.ru/ACS2012/ACS-12_Proceedings-All.pdf (дата обращения 10 февраля 2016 г.)

3. Ершов А. П. Программирование – вторая грамотность [Электрон. ресурс] // Электронный архив академика А. П. Ершова. Институт систем информатики Сибирского отделения РАН. Режим доступа: http://ershov.iis.nsk.su/russian/second_literacy/pred (дата обращения 10 февраля 2016 г.)

4. Журавлева Е. Ю. Эпистемический статус цифровых данных в современных научных исследованиях // Вопросы философии. 2012. № 2. С. 113–123.

5. Пейперт С. Переворот в сознании: дети, компьютеры и плодотворные идеи: перевод с англ. Москва: Педагогика, 1989. 220 с.

6. Сухомлин В. А. Международные образовательные стандарты в области информационных технологий // Прикладная информатика. 2012. № 3. С. 33–54.

7. Хеннер Е. К. Тело знаний информатики и содержание школьного предмета // Информатика и образование. 2015. № 7 (266). С. 24–32.

8. Barr V., Stephenson Ch. Bringing Computational Thinking to K-12: What is Involved and What is the Role of the Computer Science Education Community? [Электрон. ресурс] // ACM Inroads. 2011, March. Vol. 2. № 1. P. 48–54. Режим доступа: <https://csta.acm.org/Curriculum/sub/CurrFiles/BarrStephensonInroadsArticle.pdf> (дата обращения 10 февраля 2016 г.)

9. Exploring Computational Thinking. Google for Education [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://www.google.com/edu/resources/programs/exploring-computational-thinking/index.html#!home> (дата обращения 10 февраля 2016 г.).

10. Grady Booch, Robert A. Maksimchuk, Michael W. Engle, Bobbi J. Young, Jim Conallen, Kelli A. Houston. Object-Oriented Analysis and Design with Applications. Addison-Wesley. 2007. 691 p.

11. Operational Definition of Computational Thinking for K-12 Education. Computer Science Teachers Association [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://csta.acm.org/Curriculum/sub/CompThinking.html> (дата обращения 10 февраля 2016 г.)

12. Papert S. An Exploration in the Space of Mathematics Educations // International Journal of Computers for Mathematical Learning. Vol. 1. № 1. P. 95–123. 1996.

13. Papert S. Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas. New York: Basic Books, 1981. 242 p.

14. Report of a Workshop on The Scope and Nature of Computational Thinking. Committee for the Workshops on Computational Thinking; National Research Council. 2010. The National Academic Press. 2010. 115 p. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://nap.edu/12840> (дата обращения 10 февраля 2016 г.).

15. Wing J. Computational Thinking [Электрон. ресурс] // Communications of the ACM. 2006, March. Vol. 49. № 3. P. 33–35. Режим доступа: <https://www.cs.cmu.edu/~15110-s13/Wing06-ct.pdf> (дата обращения 10 февраля 2016 г.).

16. Wing J. Research Notebook: Computational Thinking – What and Why? [Электрон. ресурс] / The Link. The magazine of the Carnegie Mellon University School of Computer Science. 2011–03–06. Режим доступа: <http://www.cs.cmu.edu/link/research-notebook-computational-thinking-what-and-why> (дата обращения 10 февраля 2016 г.).

References

1. Grady Booch, Robert A. Maksimchuk, Michael W. Engle, Bobbi J. Young, Jim Conallen, Kelli A. Houston. Ob'ektno-orientirovannyj analiz i proektirovanie s primerami prilozhenij. [Object-oriented analysis and design with applications]. Translated from English. Moscow: Publishing House Williams, 2010. 720 p. (In Russian)
2. Vol'fengagen V. Je. The area between the practical skills and fundamental principles of calculations. *Applikativnye vychislitel'nye sistemy. 3-ja mezhdu-narodnaja konferencija ASC 2012. [Applicative Computational Systems. Proceedings of the 3rd International Conference]*. Moscow, 2012. P. 1–7. Available at: http://jurinfor.exponenta.ru/ACS2012/ACS-12_Proceedings-All.pdf. (In Russian)
3. Ershov A. P. Programmirovanie – vtoraja gramotnost'. [Programming as second literacy]. Jelektronnyj arhiv akademika A. P. Ershova. Institut sistem informatiki Sibirskogo otdelenija RAN. [Electronic archive of academician A. P. Yershov. Institute of Informatics Systems, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences]. Available at: <http://ershov.iis.nsk.su/russian/second-literacy/pred>. (In Russian)
4. Zhuravljova E. Ju. Epistemic status of the digital data in modern scientific research. *Voprosy filosofii. [Problems of Philosophy]*. 2012. № 2. P. 113–123. (In Russian)
5. Papert S. Mindstorms: children, computers, and powerful ideas. Translated from English. Moscow: Publishing House Pedagogika. [Pedagogy]. 1989. 220 p. (In Russian)
6. Suhomlin V. A. International educational standards in information technologies. *Prikladnaja informatika. [Applied Informatics]*. 2012. № 3. P. 33–54. (In Russian)
7. Khenner E. K. Body of knowledge for computing and content of school subject. *Informatika i obrazovanie. [Informatics and Education]*. 2015. № 7 (266). P. 24–32. (In Russian)
8. Barr V., Stephenson Ch. Bringing Computational Thinking to K-12: What is Involved and What is the Role of the Computer Science Education Community? ACM Inroads 2011 March. Vol. 2. № 1. P. 48–54. Available at: <https://csta.acm.org/Curriculum/sub/CurrFiles/BarrStephensonInroadsArticle.pdf>. (Translated from English)
9. Exploring Computational Thinking. Google for Education: Available at: <https://www.google.com/edu/resources/programs/exploring-computational-thinking/index.html#!home>. (Translated from English)
10. Grady Booch, Robert A. Maksimchuk, Michael W. Engle, Bobbi J. Young, Jim Conallen, Kelli A. Houston. Object-Oriented Analysis and Design with Applications. Addison-Wesley. 2007. 691 p. (Translated from English)

11. Operational Definition of Computational Thinking for K-12 Education. Computer Science Teachers Association. Available at: <http://csta.acm.org/Curriculum/sub/CompThinking.html>. (Translated from English)
12. Papert S. An Exploration in the Space of Mathematics Educations. International Journal of Computers for Mathematical Learning, 1996. Vol. 1, № 1. P. 95–123. (Translated from English)
13. Papert S. 1981, Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas. New York: Basic Books. 242 p. (Translated from English)
14. Report of a Workshop on the Scope and Nature of Computational Thinking. Committee for the Workshops on Computational Thinking; National Research Council. 2010. The National Academic Press. 2010. 115 p. Available at: <http://nap.edu/12840>. (Translated from English)
15. Wing J. Computational Thinking. Communications of the ACM, 2006. March 2006. Vol. 49, № 3. P. 33–35. (Translated from English)
16. Wing J. Research Notebook: Computational Thinking – What and Why? / The Link. The magazine of the Carnegie Mellon University School of Computer Science. 2011–03–06. Available at: <http://www.cs.cmu.edu/link/research-notebook-computational-thinking-what-and-why>. (Translated from English)