

затруднен. Использование электронных учебных материалов позволяет быстро, но в темпе, наиболее подходящем для конкретного учащегося, проверить знания по определенному разделу; есть возможность обновить необходимую учебную информацию.

Литература

1. Балалаева Е. Ю. Анализ сущности понятия «электронный учебник» // Вестник Марийского государственного университета. 2016. № 4 (24). С. 5-9.
2. Зайнутдинова Л. Х. Создание и применение электронных учебников: на примере общетехнических дисциплин. Астрахань, 1999. 363 с.
3. Мусин Р.Ф. Электронные учебники как элемент системы электронного образования // Новые информационные технологии в образовании: материалы IX международной научно-практической конференции. 2016. С. 453-457.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА В УСЛОВИЯХ СОЦИОЦИФРОВОЙ РЕВОЛЮЦИИ

В.А. Шапошников

Россия, Москва, МГУ

shaposhnikov@philos.msu.ru

* Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), проект № 17-03-00257 "Онтология и эпистемология в компьютерной культуре"

Аннотация: Работа посвящена трансформациям математической практики в цифровом обществе. Особый акцент сделан на распределенной природе математического познания и опосредовании социального характера современного математического исследования применением компьютерных технологий.

Ключевые слова: эпистемология, распределенное познание, человеко-компьютерное взаимодействие, математическая практика, компьютерные доказательства, необозримые доказательства.

MATHEMATICAL PRACTICE UNDER SOCIODIGITAL REVOLUTION

V.A. Shaposhnicov

Russia, Moscow, MSU

shaposhnikov@philos.msu.ru

Abstract: The paper deals with transformations of mathematical practice in the digital society. The primary focus is on the distributed nature of mathematical cognition and the way in which the use of computer technologies mediates the social character of contemporary mathematical research.

Key words: epistemology, distributed cognition, human-computer interaction, mathematical practice, computer-assisted proofs, unsurveyable proofs.

Термин "sociodigital revolution" [5] используется социологами, психологами и педагогами, чтобы обозначить революционные изменения, произошедшие в последние несколько десятилетий в характере социальной активности благодаря широкому использованию персональных компьютеров и интернета. В первую очередь, речь идет о вовлеченности (engagement) детей и подростков в постоянное использование "социоцифровых технологий" (sociodigital technologies)". В связи с этим определенную популярность получило противопоставление "digital natives" и "digital immigrants". К первым принято относить людей, выросших в мире социоцифровых технологий, в то время как ко вторым - тех кто вступил в него уже будучи взрослыми людьми. Мне представляется полезным применить эти термины для описания происходящего на наших глазах изменения в характере *научно-исследовательской* активности.

В цифровом обществе научная практика оказывается все больше связанной с решающей дигитализацией и автоматизацией, которые позволяют научным исследованиям существовать в рамках новой глобальной совместной инфраструктуры. В связи с этим говорят даже о "the e-Science revolution". Согласно классическому определению Джона Тейлора, "e-Science" это "глобальное сотрудничество в ключевых областях науки и следующее поколение инфраструктуры, которое сделает его возможным" [3, p. 91]. Принципиально социальный характер нового способа делать науку неразрывно связан здесь с цифровыми технологиями, которые обеспечивают осуществление этой *новой социальности*. Более того, речь идет о переходе к *распределенному* [6] характеру научного познания, который характерен для ситуации цифрового общества. Вероятно, человеческое познание всегда было "распределенным" (distributed cognition), однако именно цифровая революция выявила эту его черту с особой отчетливостью. Новое научное знание есть "shared know-how" [3, p. 92], носителем которого является не отдельный исследователь, а исследовательское сообщество как целое. Новая форма существования знания в цифровом обществе была удачно охарактеризована Говардом Рейнгольдом как "social-digital know-how" [10, p. 147]. Использование характерного слова "know-how", конечно же, не случайно. Оно призвано подчеркнуть, что речь здесь идет не столько о "декларативном", сколько о "процедурном" знании. Именно оно оказывается, в первую очередь, социоцифровым образом распределенным. Интересно однако, что современные тенденции в развитии науки говорят о том, что научное знание в современном обществе все больше тяготеет к способу существования именно в форме "know-how". Это часто называют "технонаукой" [4].

Новая ситуация в научном познании провоцирует и соответствующие новации в *онтологии*: от иерархического типа онтологии, ставящей человека выше созданных им "софта" и "железа" (software and hardware),

представляется естественным перейти к "плоской (flat)" онтологии сетевого типа [2]. Для нового подхода компьютерный артефакт вполне законно рассматривать как самостоятельного социального актора, участвующего в производстве знания на равных с людьми правах.

Цифровая революция и цифровое общество имеют совершенно особое отношение к *математике*, как частному случаю научно-исследовательской активности. Обратим внимание на тот банальный факт, что компьютер изначально создавался как инструмент для *математических вычислений*, и лишь затем проник в другие области культуры и был приспособлен для решения широчайшего круга задач, став, фактически, *универсальным* инструментом. Держа в памяти только что сказанное, тем более интересным представляется проследить характер обратного влияния повсеместного распространения персонального компьютера (с интернет соединением) на *математическую практику*.

Суровому испытанию в современной ситуации оказался подвергнут *идеал картезианского математика-одиночки*, который: (1) способен и призван произвести полную и окончательную проверку каждого математического доказательства через последовательное разложение его на первичные, далее нередуцируемые и абсолютно очевидные элементы, освоив, тем самым, всю систему существующей математики; (2) видит свою задачу в том, чтобы давать точные формулировки и окончательные и полные доказательства новых теорем. Подобный идеал Алан Бейкер характеризует как "общепринятую точку зрения (a received view)" [1].

В противоположность этому классическому идеалу, современное математическое знание явственно обнаруживает свой социально распределенный характер благодаря (1) лавинообразному нарастанию числа новых математических теорем доказываемых в мире ежегодно (к примеру, такая специализированная математическая база данных как Zentralblatt MATH вынуждена была уже в 2010 году учитывать около 120 тыс. публикаций); (2) феномену "необозримых (unsurveyable)" доказательств, т.е. таких доказательств, которые в силу своего большого размера не могут быть поняты единолично, т.е. целиком охвачены (surveyed) мысленным взглядом одного человека. Самым известным примером такого математического результата (кстати, не прибегающего к помощи компьютеров) служит классификация конечных простых групп. Этой же особенностью, причем в еще большей степени, обладает и ряд "компьютерных (computer-assisted)" доказательств. Например, доказательства гипотезы о четырех красках и гипотезы Кеплера о наиболее плотной упаковке шаров. Трактовка компьютеров и людей как равноправных акторов дает нам возможность увидеть единство тех проблем, которые стоят за признанием приемлемости "необозримых" доказательств в современной математике, не зависимо от того, используют они компьютер для перебора всех случаев или нет.

Математикам, как и представителям других областей знания, приходится *доверять* друг другу и *разделять* ответственность, а также вырабатывать эффективные практики экспертной проверки работ людей и эффективные методы проверки одних компьютерных программ другими [8].

Двумя основными новыми тенденциями, вызванными к жизни потребностью "распределения" математического знания внутри сообщества, служат:

(1) Построение интерактивных (работающих в диалоге с человеком) "пруверов" (proof assistants or interactive theorem provers), которые позволяют получать и проверять полностью формализованные доказательства. Создание библиотек таких доказательств: QED Manifesto, Mizar Mathematical Library (MML), Metamath proof databases. Примерами интерактивных "пруверов" могут служить Coq, HOL Light, Isabelle, Mizar, NuPRL.

(2) В разной степени успешные попытки узаконить в современной математической практике различные альтернативные, не строго-дедуктивные методы работы. Эти методы также предполагают "распределение" работы между человеком и компьютером, а также внутри сообщества. К этой тенденции можно отнести осознанное использование полуформальных и неполных доказательств, а также новых визуальных средств исследования и убеждения. В частности, это такие альтернативные практики как "экспериментальная математика" [1].

В качестве характерного примера изменения мышления математиков в цифровую эпоху, приведу позиции двух современных математиков.

Мой первый пример - молодой немецкий математик Феликс Бройер, который закончил в 2006 г. Свободный университет Берлина (Freie Universität Berlin) и там же в 2009 г. получил степень PhD. По времени рождения он принадлежит к "digital natives", т.е. полноправным гражданам цифрового общества. В своем персональном блоге (Felix Breuer's Blog: <http://blog.felixbreuer.net>) Бройер поместил два следующих поста: "Not only beyond Journals, not only beyond Papers. Beyond Theorems" (2012, 27 февраля) и "From Open Science to Open Mathematics" (2013, 14 июля).

Бройер выступает против общепринятого сведения исследовательской деятельности в математике к доказательству новых теорем. В современном мире, где ежегодно доказывается около ста тысяч новых теорем, в математике нарастает узкая специализация и разобщенность, которая делает всю эту лавину новых результатов чем-то избыточным и излишним (redundant). В итоге и сама деятельность профессиональных математиков становится все более бессмысленной (irrelevant). Выход из сложившейся ситуации Бройер видит в переходе к более динамичному и социально ориентированному пониманию исследовательской деятельности в математике (a socio-dynamic view of research).

Последнее включает: (1) *развитие математической коммуникации* (communicating mathematics) с использованием всех возможностей, предоставляемых современными медиа и интернетом, причем как внутри, так и вне математического сообщества; (2) *совместную работу над "большими открытыми вопросами"*, обмен "сырыми" идеями, доказательство теорем совместными усилиями больших коллективов (collaborative theorem proving, "crowd sourcing" proofs); (3) *создание математического программного обеспечения*, позволяющего более эффективно осуществлять задачи, сформулированные в предыдущих пунктах; (4) *формализацию математики*, с акцентом на создании единой инфраструктуры, которая позволит более эффективно, чем это возможно сейчас, осуществлять поиск и обмениваться результатами. Все перечисленное следует считать, согласно Бройеру, *полноценной исследовательской работой в математике*.

Далее Бройер развивает концепцию "открытой математики" (open mathematics), которая включает не только решение проблемы "открытого доступа" к математическому контенту, но главное (1) представление *математики как массива данных* (mathematics as data), который организован максимально удобно в техническом смысле; (2) представление математики как массива данных, созданного *для людей* (mathematics for people), т.е. с учетом особенностей разнообразных групп потенциальных пользователей.

Впрочем, "digital immigrants" не менее, а, возможно, и более серьезно, чем "digital natives", вовлечены в деятельность по перестройке математической практики. Мой второй пример - проект недавно скончавшегося (30 сентября 2017) крупного российско-американского математика, лауреата премии Филдса 2002, Владимира Воеводского (1966 года рождения). Он понял, что изменения того типа, о которых говорит Бройер, а они в последнее время "носятся в воздухе", не могут быть достигнуты "косметическими" средствами. Они требуют существенной перестройки основ самой математики. Примерно с 2006 года он запустил проект, который получил название "универсальные основания математики" или "гомотопическая теория типов". В 2012-2013 годах международной группой математиков и computer scientists, вдохновленных идеями Воеводского, был создан учебник, посвященный изложению основ нового подхода, который официально имеется в открытом доступе [7]. Речь идет о "практически ориентированной" системе оснований математики, которая сопряжена с использованием компьютерной проверки доказательств (computer-verified proofs) и осознанно направлена на усиление кооперации в среде математиков [9].

На наших глазах современная математика все больше приобретает черты "social-digital know-how".

Литература

1. Baker, A. Non-Deductive Methods in Mathematics (2009; substantive revision – 2015) // The Stanford Encyclopedia of Philosophy / ed. E.N. Zalta [Электронный ресурс]. URL: <https://plato.stanford.edu/entries/mathematics-nondeductive> (дата обращения: 01.02.2018).
2. DeLanda M. A New Philosophy of Society: Assemblage Theory and Social Complexity. London: Continuum, 2006.
3. De Roure D. e-Science and the Web // Computer, May 2010, pp. 90-93.
4. Jamison A. Knowledge Making in Transition: On the Changing Contexts of Science and Technology // Science Transformed? Debating Claims of an Epochal Break / eds. A. Nordmann, H. Radder, G. Schiemann. Pittsburgh, PA: University of Pittsburgh Press, 2011, pp. 93-105.
5. Hakkarainen K., Hietajärvi L., Alho K., Lonka K., Salmela-Aro K. Sociodigital Revolution: Digital Natives vs Digital Immigrants // International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences, 2nd edition, 2015, Vol. 22, pp. 918-923.
6. Hollan J., Hutchins E., Kirsh D. Distributed Cognition: Toward a New Foundation for Human-Computer Interaction Research // ACM Transactions on Computer-Human Interaction, Vol. 7, No. 2, June 2000, pp. 174-196.
7. Homotopy Type Theory: Univalent Foundations of Mathematics. The Univalent Foundations Program, Institute for Advanced Study, 2013. URL: <https://homotopytypetheory.org/book/> (дата обращения: 01.02.2018).
8. MacKenzie D. Mechanizing Proof: Computing, Risk, and Trust. Cambridge, MA: The MIT Press, 2001.
9. Monroe D. A New Type of Mathematics? New Discoveries Expand the Scope of Computer-Assisted Proofs of Theorems // Communications of the ACM, Vol. 57, No. 2, Feb. 2014, pp. 13-15.
10. Rheingold H. Net Smart: How to Thrive Online, Cambridge, MA: The MIT Press, 2012.

**Цифровое общество
как культурно-исторический
контекст развития человека**

**DIGITAL SOCIETY AS A CULTURAL
AND HISTORICAL CONTEXT OF HUMAN
DEVELOPMENT**

**Сборник научных статей
и материалов международной конференции «Цифровое
общество как культурно-исторический контекст
развития человека», 14-17 февраля 2018 г., Коломна**

**Коломна
2018**

УДК 159.9
ББК 88.21
Ц75

Рекомендовано к изданию
редакционно-издательским
советом ГСГУ

Редакционная коллегия:

доктор психологических наук Ершова Р.В.,
кандидат педагогических наук Киселева Н.Н.,
кандидат педагогических наук Савельев С.В.

Отв. редактор Р.В. Ершова – доктор психологических наук, профессор

Ц42 Цифровое общество как культурно-исторический контекст развития человека: сборник научных статей и материалов международной конференции «Цифровое общество как культурно-исторический контекст развития человека, 14–17 февраля 2018, Коломна / под общ. ред. Р.В. Ершовой. – Коломна: Государственный социально-гуманитарный университет, 2018. – 452 с.
ISBN 978-5-98492-363-7

Данное издание является уникальным собранием статей зарубежных и российских исследователей, посвящённых разработке различных аспектов проблемы влияния цифровых технологий на психическое, физическое, духовное развитие современного человека и общества в целом. Наряду с теоретическими работами в сборнике представлены результаты эмпирических исследований. Книга вышла в свет в день открытия в России (Коломна, ГСГУ) Международной конференции «Цифровое общество как культурно-исторический контекст развития человека». Данное издание представляет интерес для специалистов в области психологии, социологии, политологии, философии, педагогики, лингвистики, культурологии, экономики, студентов и аспирантов, всех, интересующихся проблемами влияния новой цифровой среды на человеческую цивилизацию.

УДК 159.9
ББК 88.21

ISBN 978-5-98492-363-7

© ГОУ ВО МО «Государственный
социально-гуманитарный университет», 2018