



УДК 519.7+101.1

КОГНИТИВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО СТИЛЯ МЫШЛЕНИЯ СТУДЕНТОВ В ИННОВАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

Михайлова Н.В.

Институт информационных технологий Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Беларусь, n.mikhajlova@bsuir.by

Аннотация. Анализируется роль когнитивного потенциала математического стиля мышления при формировании профессиональных кадров в информационную эпоху фундаментального инженерного образования. Рассматривается философско-методологическая проблема понимания математики студентами-нематематиками в контексте строгости, точности и обоснованности математических теорий при инновационном использовании компьютерных вычислений.

Ключевые слова. Когнитивные проблемы, математическое мышление, информационно-образовательная среда.

Одной из актуальных проблем философии профессионального образования является повышение качества фундаментальной подготовки инженерных кадров с помощью использования инновационных педагогических подходов, информационных технологий и формирования строго и хорошо обоснованного математического мышления. Фундаментальность подготовки в университете информатики подразумевает ориентацию образовательной парадигмы на выявление наиболее существенных связей между разнообразными процессами окружающего мира в стремительно развивающуюся информационную эпоху. В таком контексте одной из важнейших составляющих фундаментализации инженерного образования является проблема математической подготовки студентов, поскольку развитие математического стиля мышления способствует формированию когнитивных приемов умственной деятельности и ее дальнейшей профессиональной направленности при обучении высшей математике. Заметим, что при реализации одного из основных дидактических принципов фундаментального образования, а именно, принципа связи теории с практикой, необходимо учитывать такое практически важное интеллектуальное достижение современного общественного развития, как информационные технологии, используемые в цифровой информационно-образовательной среде. Новые информационные технологии привели к качественным изменениям в науке, поэтому возникла соответствующая реакция на содержание математического знания как предмета преподавания будущим инженерам.

Отметим также, что с момента своего возникновения информатика по сути занимается материальным воплощением практически полезных математических конструкций, используя язык классической логики и математики в информационных технологиях. Очевидно, что теоретическая информатика как фундаментальная наука о знаковых математических системах использует язык математики, поскольку ее строгие методы познания произвольных абстрактных объектов и их связей не только между собой, но и с реальностью, выражают фундаментальные знания на основе формализации и интуиции естественного математического мышления. Но для эффективного использования цифровой информационно-образовательной среды у студента должен формироваться развитый когнитив-

ный навык, предполагающий правильное применение концептуальных, в том числе и математических, знаний. «Важнейшим фактором успешности цифрового обучения является удовлетворение образовательных потребностей студента, которое зависит от социальной зрелости обучающегося, его мотивации к обучению, отношения к использованию информационных технологий, самодостаточности, объективистских и конструктивистских установок, темпов обучения, фактических, процедурных и концептуальных знаний» [1, с. 125]. При этом другим практически востребованным фактором качественного фундаментального образования является когнитивное разнообразие информационных инструментов.

Функция фундаментальной науки и образования в некотором смысле не утилитарна, а идеальна, подобно бесконечному движению к недостижимому идеалу истины. Заметим также, что все имеющиеся педагогические концепции обращены к студентам, которые хотят учиться. К сожалению, нет методологических разработок по обучению таких студентов, которые не хотят учиться, но хотят иметь диплом престижного столичного университета, хотя таких, к сожалению, становится все больше и больше. В связи с этим, нельзя не отметить некоторую неопределенность в культурной мотивации сегодняшнего фундаментального образования. Значимость фундаментальных структур математики связана с тем, что за каждой из этих структур стоит некая фундаментальная общезначимая идея, отражающая одно из основных всепроникающих свойств внешнего мира. Речь идет даже не о мировоззренческом контексте рассмотрения этих идей, а о более широком и общем культурно-историческом дискурсе математического образования. Хотя математические идеи никогда не воспринимаются в разных студенческих аудиториях одинаково, нельзя давать математическим идеям «окаменевать», поскольку разные абстракции, вообще говоря, не отражают идею математического познания целиком. Для абстрактных понятий, которые иногда кажутся воспринимаемыми чувственной интуицией, соответствующие им реальные объекты могут значительно отличаться от того, что о них можно подумать.

Нельзя не отметить социальную значимость успехов в математическом познании, так, например,



к студентам, успешно сдающим математику, обычно с повышенным уважением относятся как другие преподаватели, так и сокурсники. Случайных методологических высказываний явно недостаточно для того, чтобы помочь глубоко разобраться в причинах необходимости абстрактности математики и все большей общности ее понятий, увидеть, наконец, как формализм математического изложения ее теорий помогает более полному познанию явлений природы и процессов, протекающих в информационном обществе. «Абстракция является неотъемлемой частью процессов программирования, поэтому при обучении студентов нужно подчеркивать ее важность и давать четкое представление о выгодах, полученных при использовании данного подхода» [2, с. 23]. Уместно заметить, что с точки зрения философии математического образования абстрагирование – это нетривиальный когнитивный процесс, так как обучение пониманию математической абстракции представляет собой довольно сложную методологическую проблему фундаментального знания. Абстракция в научном познании выражается разными способами, которые объединяет то, что все они стремятся к преодолению когнитивной сложности с помощью игнорирования несущественных аспектов изучения проблемы. Отметим, что когнитивное обучение разделам высшей математике студентов инженерных специальностей предлагает инновационный подход к развитию всего образовательного процесса в области математики.

Когнитивный подход к инженерному образованию в философии научного познания отличается тем, что все образовательные процессы рассматриваются как составляющие общего мировоззренческого процесса, включающего информационный обмен между человеком и окружающей его средой. В понятийном образовательном аппарате термин «когнитивный» (означающий познавательный или имеющий отношение к познанию) появился в шестидесятых годах прошлого века. В частности, например, для преодоления когнитивной сложности теоретической информатики и программирования используются образовательные эвристики, одной из которых при решении сложных проблем является абстракция, играющая важную роль при образовании математических понятий. Абстракции не могут быть интеллектуально поняты студентами инженерных специальностей, если они не наполнены конкретным или даже некоторым образным содержанием. Но дело в том, что абстрактные математические понятия все же отражают определенные черты реальности, благодаря чему из этих понятий потенциально могут быть построены математические теории, а на их основе математические модели, которые адекватно описывают различные реальные процессы или явления. Феномен математического познания природы заключается в потрясающем соответствии абстрактных математических структур реальному миру. Отсюда вытекает инновационная роль математики в техническом образовании, поскольку она предъявляет высокие требования не только к специальной, но и фундаментальной подготовке инженера.

Основная цель когнитивного обучения студентов института информационных технологий заключается в развитии практически востребованных умственных способностей, делающих возможным процесс обучения студентов и их дальнейшей адаптации к новым информационно-востребованным ситуациям. Решению этой актуальной методической задачи способствует нацеленность на развитие математического мышления, преодолевая в сознании студентов представление о формальном характере математического знания и его кажущейся оторванности от практической жизни. Математическое мышление формирует у студентов умение анализировать новое знание, что лежит в основе образовательной компетентности. «Формирование математического стиля мышления на учебных занятиях должно основываться на демонстрации преподавателем таких свойств математических знаний, как доказательность и неопровержимость, ориентация на истину, а не на пользу, связь с приложениями в естественных и гуманитарных науках, единство формального и содержательного, на использовании основных качеств математического мышления: ясность, точность, лаконичность и т.д.» [3, с. 466]. Добавим к этому, что истинность – наиболее сильный методологический регулятив фундаментальной науки, а в качестве эталона научной истины выступает математическая строгость, поскольку математики никогда не сомневаются в правоте своей науки – ведь, в конце концов, успех в ней убеждает всех. Даже в математических теориях иногда проследживается мысль, что связь между истинами не всегда является строгой, хотя инновационность, истинность и строгость в математике по сути являются сторонами одной медали.

Понятие строгости рассуждений является важнейшей характеристикой абсолютного выражения рационализма в познании, но даже в математике, как самой рациональной из всех наук, это понятие тоже условно. Вспомним хотя бы привычное в математике заключение «что и требовалось доказать», которое для студентов с разной математической подготовкой не несет однозначного понимания сказанного. В философии математического образования студентов университета информатики язык математики весьма «коварен», так как у информационных технологий нет особого способа реализоваться на уровне всеобщего понимания, поскольку между восприятием реальности и языком ее отражения через сознание еще стоит мышление. Математический текст с его строгими дедуктивными выводами и способностью точно передавать информацию нельзя просто отождествить с исходной математической идеей. Привлекательность математического знания для студентов инженерных специальностей обусловлена тем, что математики получают истину вместе с доказательством, хотя не всякое истинное утверждение может быть строго доказано. Математические истины воспроизводимы в мышлении студента лучше, чем физические опыты в учебных практикумах, что говорит о самодостаточности математического мышления. Поэтому в обучении математике не все зависит толь-



ко от преподавателей. Но если в доступных образовательных целях жертвовать строгостью изложения и постоянно упрощать преподаваемые математические курсы, то приобщение к творческому потенциалу математического мышления окажется трудно реализуемой задачей. Однако методически опасны не только разного рода упрощения, но также и неоправданная искусственная строгость обоснования математических утверждений.

Познавательная сила математических понятий и символов требует определенной дисциплины мышления и соответствующего интеллектуального напряжения. Для понимания стиля математического мышления, актуализируемого в инновационной практике технического университетского образования, необходимо осознать природу стиля мышления на базе различных методологических представлений. По существу, речь идет о концептуальном потенциале понятия стиля научного мышления в философии математических наук, который выражает основные, исходные особенности познания на том или ином этапе его развития, позволяющие понять особенности постановки и анализа рассматриваемых исследовательских задач [4]. Индивидуальные стили математического мышления различают по мотивации, по восприятию идей, по методу получения результатов, наконец, по типу создаваемых математических моделей. Полезно также знать, как реальная строгость математического мышления создается и поддерживается философско-методологическими и внутренними механизмами обоснования математического знания. Стиль математического мышления основан на глубоком понимании сути аксиоматического метода, поэтому различие между повседневным мышлением и нормами строгого математического рассуждения будет сохраняться, если мы хотим, чтобы математика выполняла свои функции. Философско-методологическим фактором, влияющим на формирование стиля математического мышления, является знание, которым пользуются неосознанно. Философы называют его «невным знанием», поскольку в любой содержательной математической модели имеется множество невных посылок. Математики для понимания такой модели пытаются сделать эти посылки аксиомами. Новое математическое знание включает в себя как априорные, так и психологические компоненты, но ни психология, ни философия не могут пока объяснить все многообразие логики рассуждений и стиля математического мышления.

В соответствии с содержанием математического стиля мышления определяется его основной процесс – математические понятия и их понимание, как мысленное воспроизведение процесса возникновения и формирования предмета мышления. В образовательной теории математического мышления хорошо обосновано, что в процессе решения трудных творческих задач «проход через ошибки» неизбежен. Двойственный характер математической ошибки проявляется, когда необходимо отличить формальное запоминание от осознанного понимания в практике

математического образования, так как качество математических ошибок, вообще говоря, несравнимо. Студенты учатся благодаря своей активности, поэтому настоящее обучение невозможно без блужданий, предпринимаемых с теми упорством и пылкостью, которые есть в их распоряжении. Понимание вносит в жизнь человека тревогу и беспокойство, но, к сожалению, понимание – качество, не востребованное в настоящее время социальной действительностью. Существует много концепций понимания, которые по-разному трактуют, что собственно означает «понимать», и как происходит сам процесс понимания в учебной аудитории. Представления о целостности системы знаний делают все университетское образование более эффективным. Понять что-либо, в широком смысле этого слова, – значит найти свое место в социальном мире. Мы часто имеем дело только лишь с «проблеском понимания», поскольку не всегда понимание увеличивается только благодаря механическому росту знания. Формирование математического мышления относится к актуальной и важнейшей методологической функции математического образования студентов, поскольку именно качество мышления способствует как становлению математического понимания, так и развитию математической интуиции в проблемных учебных ситуациях.

Инновационные технологии, методологически связанные с обучением высшей математике студентов-инженеров, кроме обоснованности и убедительности излагаемой последовательности математических доказательств, акцентируют внимание на понимании логики изложения, доступной студентам, и смысловом движении мыслительного процесса. Но, что значит понимать? «Понимание – это способность (умение) личности воспроизвести значение термина, адекватное определение данного учебного элемента, его признаки и свойства, а также умение выявить и устанавливать содержательные структуры и логические связи с другими учебными элементами» [5, с. 68]. Кроме того, важной характеристикой понимания для студентов является способность устанавливать связи между элементами собственного знания и нового знания, то есть понимание математики невозможно без определенной предварительно накопленной суммы знаний. В таком контексте понимание математики – это наиболее существенная сторона содержания фундаментального научного знания. Например, понимание сложной теоремы не сводится к пониманию каждого шага доказательства. Здесь уже необходимо целостное видение всех этапов доказательства, да еще за ограниченный промежуток времени. В частности, критерием когнитивного развития студента в процессе обучения математике в университете является понимание им своей способности выполнять на уровне критического мышления поставленные учебные задачи. Когнитивные подходы к обучению высшей математике направлены на формирование критического мышления, для которого характерно умение выделять логические связи, обнаруживать логические ошибки и умение выявлять обоснованные и необоснованные утверждения.



Практически образовательные рассуждения о понимании математики, которыми оперируют математики-исследователи, обычно очень далеки от тех канонов, с которыми студенты технических университетов знакомятся в процессе изучения высшей математики, даже в разных науках используются разные уровни строгости. Различные версии доказательства и строгости зависят от множества разных вещей, например, новая нетрадиционная версия строгости – использование компьютеров в доказательстве. Принципиальному изменению математики в информационно-компьютерную эпоху способствовало возрастание практической необходимости необозримых вычислений. Появление компьютеров не только изменило лицо всей цивилизации, но и породило сомнение в надежной методологической обоснованности машинных способов доказательства математических теорем. Только в математических рамках можно рассчитывать на возможность сколько-нибудь строгой демонстрации невычислимости хотя бы некоторой части сознательной деятельности, поскольку вопрос вычислимости по самой своей природе является, безусловно, математическим. Несмотря на возрастающую роль компьютерных систем в математическом познании, информационная модель современного математического познания, частично реализованная с помощью компьютера или вербализованная в математическом тексте, является, в значительной мере, лишь «эксплицированным намеком» на теоретическое знание, в отличие от хорошо формализованных математических теорий, позволяющих реконструировать архитектуру моделируемого знания. С помощью компьютерных технологий можно найти варианты решения математических задач даже в том случае, если они используются не только как вычислительное устройство, но и как особое инструментальное средство, позволяющее изменить стереотипы в понимании точности математических знаний и в самой критически-когнитивной деятельности.

Напомним, что первостепенной задачей развития педагогических инновационных процессов в математическом образовании студентов университета информатики является качество обучения, понимание излагаемого математического материала и создание таких информационно-технологических новшеств, которые эффективно используются в современной практике преподавания с внедрением информационных технологий в образовательную сферу. «Так, например, использование цифровых технологий при проведении лекций, семинарских занятий и других видов учебной деятельности позволяет радикальным образом изменить стиль изложения материала, сделать его более занимательным» [6, с. 261]. С одной стороны, повсеместное внедрение компьютерного образования и развитие новых информационных технологий способствует, прежде всего, качественному изменению организации информационных ресурсов, включая их хранение и обеспечение доступа к ним. С другой стороны, одна из основных причин ограниченных возможностей эвристического потенциала компьютерного эксперимента в образовании состоит

в том, что задачи, при решении которых можно и целесообразно использовать компьютер, должны иметь определенную структуру. Однако необоснованные попытки переложить учебный математический материал на электронное и дистанционное обучение проваливаются изначально. Эта ситуация осложняется тем, что компьютерному моделированию поддаются лишь некоторые частные процессы, а не вся теория целиком, поскольку при исследовании математической модели используются также рассуждения, не носящие конкретно выраженного дедуктивного характера. Поэтому прогресс компьютерной математики выглядит все же иначе, чем прогресс естественных наук, а также косвенно влияющих на общественное сознание и социально-гуманитарных наук. Хотя инновационное использование компьютерных технологий для визуализации излагаемого нового и нестандартного учебного математического материала безусловно способствует его лучшему пониманию и также усвоению.

Любая востребованная концепция инновационных педагогических процессов, изменяющих методологию математического образования в цифровом обществе, должна быть ориентирована на будущее развитие с позиций возможного состояния развивающегося математического знания, которое будет формировать перспективы нового уровня когнитивного развития научного знания в проблемном поле философии университетского математического образования в инновационной информационно-образовательной среде. Отличительной чертой данного направления методических исследований в области педагогической инноватики проблемного математического образования для студентов Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники является системное обстоятельство, заключающееся в том, что в нем потенциально предполагается единство процессов создания, освоения и применения новых информационных технологий. Изучение стереотипных моделей когнитивного поведения студентов при освоении высшей математики позволит разработать персонализированную траекторию обучения в процессе выполнения учебных задач. Когнитивный аспект в обучении математике на лекционных и практических занятиях предполагает отработку целой группы умений, например, адекватное восприятие и понимание характеристик новых математических объектов и понятий, выявление сущностной роли исходных предположений доказательства и понимание логических умозаключений, обнаружение необоснованных или ошибочных математических суждений. Поэтому в образовательной парадигме нельзя заикливаться на традиционном математическом стиле познания, который декларирует стремление к научному прогрессу, забывая о критической рефлексии обосновательных трудностей и методологических недостатков, обостряя тем самым концептуальные противоречия, которые практически являются непременным атрибутом любой новой концепции развития математики и информатики.



Новых направлений современной математики стало очень много, но умножая математическое знание, мы в еще большей степени умножаем информационное незнание. В трудно обозримом математическом рассуждении с использованием компьютера обоснование правильности компьютерных вычислений попадает под такие же методологические ограничения, что и результаты о неразрешимости некоторых математических проблем. Несмотря на инновационный характер использования компьютера в математических доказательствах, в образовательной среде диалог пользователя и компьютера в цифровой парадигме носит характер информационного обмена, в котором нет места эмоциям. Есть ли в нем духовная составляющая, способствующая движению от одного понимания к другому? «Духовная составляющая, которая стала столь необходимой современному человеку в наш прагматичный и цифровой век, здесь полностью отсутствует. Такие понятия как «совесть», «обида», «сострадание», «сопереживание» и т. п., исключены из подобной коммуникации. С компьютером можно достигнуть взаимопонимания. Но он не разделит с пользователем ни радости, ни огорчения. С ним можно работать, но нельзя дружить» [7, с. 168]. На самом деле, духовное беспокойство философствующего человека нельзя устранить конструктивно-осмысленными математическими теориями, поэтому никакая концепция, реализуемая в проблемном поле философии математического образования студентов инженерных специальностей, не может дать окончательных ответов, выходящих за экзистенциалии реального земного существования.

В заключение можно констатировать: пока создается такое общее впечатление, что в области университетского инженерного образования информационные технологии вызывают неоправданный оптимизм и завышенные ожидания. Во-первых, методическая попытка передать информационным технологиям обучение высшей математике студентов без содержательного диалога с преподавателем усугубляет проблему понимания. Во-вторых, негативным следствием подобного подхода к образованию является то, что у человека могут атрофироваться аналитические способности, потеряются навыки самостоятельно мыслить в проблемном мире. Поэтому преподавате-

лям математики необходимо осознавать реальность происходящих изменений в цифровом обществе, поскольку математика как культурный феномен всегда отличалась выбором учебных математических курсов и их методологическим сопровождением, чтобы математику знали и понимали студенты, которым предстоит ее применять. Но для этого «методистам от образования» надо вернуть потенциальным пользователям математического знания понимание того, что реальность говорит с ними языком математики. В таком позитивном контексте компьютерные технологии дают возможность показать, что современная математика глубоко вплетена в реальность, вызывая у понимающих ее людей восхищение и любопытство.

Литература

1. Белогаш, М.А. Когнитивные аспекты развития информационно-образовательной среды в высшей школе в эпоху цифровизации / М.А. Белогаш, М.В. Мельничук // Российский гуманитарный журнал. – 2020. – Том 9, № 2. – С. 123–132.
2. Хазан, О. Рефлексия и абстракция в гуманитарных аспектах программирования / Орит Хазан, Джеймс Томейко // Открытые системы. – 2005. – № 9. – С. 22–27.
3. Пучков, Н.П. О преподавании математики в современных условиях / Н.П. Пучков // Математика: фундаментальные и прикладные исследования и вопросы образования. – Рязань: Изд-во РГУ им. С.А. Есенина, 2016. – С. 463–467.
4. Михайлова, Н.В. Формирование математического стиля мышления в области инновационного инженерного образования / Н.В. Михайлова // Инновации в образовании. – 2020. – № 1. – С. 18–29.
5. Лунгу, К.Н. Инновационные технологии обучения математике студентов / К.Н. Лунгу // Вестник Международного института экономики и права. – 2012. – № 2. – С. 67–75.
6. Астафьева, Л.К. Компьютерные технологии в преподавании математики / Л.К. Астафьева, И.Д. Емелина // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – № 6. – С. 260–263.
7. Девятова, С.В. Многомерность проблемы коммуникации в цифровом обществе / С.В. Девятова, В.П. Казарян // Российский гуманитарный журнал. – 2020. – Том 9, № 3. – С. 165–173.

COGNITIVE PROBLEMS IN THE FORMATION OF MATHEMATICAL STYLE OF THINKING AMONG STUDENTS IN INNOVATIVE INFORMATION AND EDUCATIONAL ENVIRONMENT

N.V. Mikhailova

Institute of Information Technologies Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Belarus, n.mikhajlova@bsuir.by

Abstract. The role of the cognitive potential of the mathematical style of thinking in the formation of professional personnel in the information era of fundamental engineering education is analyzed. The philosophical and methodological problem of understanding mathematics by non-mathematical students in the context of the severity, accuracy and attitude of mathematical theories in the innovative use of computer computing is considered.

Keywords. Cognitive problems, mathematical thinking, information and educational environment.