

МАТЕМАТИКА В ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ: ПОТЕНЦИАЛ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СВЯЗЕЙ*

Толкачева Е. А.¹, кандидат физико-математических наук, доцент, ✉ eatolкачева@etu.ru

¹ Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В. И. Ульянова (Ленина), ул. Профессора Попова, 5, корп. 3, 197376, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация

Описаны горизонтальные связи, которые реализуются на кафедре алгоритмической математики СПбГЭТУ «ЛЭТИ», как составная часть методики обучения, основанной на синтезе трех важнейших концепций мышления и профессионального обучения: теории продуктивного мышления и обучения, конструктивистской теории обучения, теории технического мышления (ПроКоТех-подхода).

Из постановки цели развития мышления профессионала, в данном случае технического мышления, в процессе обучения в техническом университете возникают общие психофизиологические вопросы формирования и развития мышления при обучении. В современном техническом образовании все более актуальными являются компетенции, связанные с информацией и знаниями — их извлечением, преобразованием и применением. Компетенции такого рода подразумевают не только развитость навыков работы с информацией, но и гибкость мыслительной деятельности субъекта, так как именно мышление человека становится идеальной базовой моделью для технологий.

Математика и другие фундаментальные дисциплины в технических университетах читаются в основном на первом курсе, что принуждает планировать не только содержание дисциплин, но и обучение приемам организации умственной работы, подготовку к увеличению интенсивности умственной работы.

Показан потенциал горизонтальных связей для активизации интеллектуальной работы студентов, повышения их учебной мотивированности, а также повышения устойчивости системы умственной деятельности при увеличении нагрузки.

Ключевые слова: *продуктивное обучение, техническое мышление, инженерное образование, фундаментальная подготовка, педагогические технологии, горизонтальные связи, учебная мотивация.*

Цитирование: Толкачева Е. А. Математика в техническом университете: потенциал горизонтальных связей // Компьютерные инструменты в образовании. 2021. № 2. С. 84–100. doi: 10.32603/2071-2340-2021-2-84-100

* Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-29-14141: изучение взаимосвязи концептуальных математических понятий, их цифровых представлений и смыслов как основы трансформации школьного математического образования.

1. ВВЕДЕНИЕ

В современном техническом образовании все более актуальными являются компетенции, связанные с информацией и знаниями — их извлечением, преобразованием и применением. Компетенции такого рода подразумевают не только развитость навыков работы с информацией, но и гибкость мыслительной деятельности субъекта, так как именно мышление человека становится идеальной базовой моделью для технологий. В этой связи возникают психофизиологические вопросы формирования и развития мышления при обучении. Без постановки такой общей цели, как развитие мышления профессионала, невозможно даже приблизиться к решению проблем методики обучения (отбора содержания, форм, методов и средств).

Общие психологические модели мышления, представляющие его как совокупность мыслительных операций, не отвечают на актуальнейшие вопросы, связанные с закономерностями изменения предметного содержания мыслительной деятельности, ее восприятия субъектом, осознанности. Возрождение классических подходов [1, 2], изучающих изменения мышления при восприятии человеком проблемной ситуации (задачи) в целом, актуализирует представление о мыслительной деятельности как о непрерывном интуитивном выявлении скрытых аспектов проблемы [3, 4].

Выбор математики в качестве синтезатора всего фундаментального инженерного образования обоснован классиками как отечественной [5, 6], так и зарубежной [7–9] инженерной педагогики. Отталкиваясь от этого, и нужно рассматривать концептуальные вопросы математического образования в техническом университете [10, 11]. Если целью математической подготовки выбирается развитие интеллектуальных механизмов обучаемого, то возникает необходимость выбора эффективных технологий и форм обучения для продуктивности мышления [6].

Математика в технических университетах читается, в основном, на первом курсе. Приходящие после школы абитуриенты не владеют приемами организации умственной работы, не готовы к увеличению интенсивности умственной работы. Административные меры мало помогают, так как вузы не хотят терять студентов, кроме того, в условиях общего падения уровня школьного образования умеющих думать студентов становится меньше. Каким образом активизировать интеллектуальную работу студентов?

При моделировании эффективных когнитивных процессов в искусственном интеллекте используются устойчивые «центрированные» структуры [12], что является технологическим представлением интериоризации мыслительной деятельности в условиях когнитивного консонанса. Проблемы «сворачивания внешних мыслительных действий» и перевода их во внутренние (интериоризация) связаны с формированием мыслительных шаблонов [13], что ведет к упрощению структур за счет уплотнения узлов и возможности их перестроения в структуре.

Изменение целеполагания студентов [13], переход от формального учета баллов через различные виды тестирования к поддержке самостоятельной умственной деятельности позволяет сформулировать критерии для формирования самооценки этой деятельности. Мотивировать студентов к самостоятельным занятиям, изменению критериев самооценки возможно, если развести понятия отметки и оценки (оценка выполненных работ производится профессиональным сообществом и не переводится в баллы).

Технологии поддержки развития мышления должны обеспечить контролируемость не только объема знаний, умений, навыков, но и обязательно целостности, связности этой системы. Наиболее эффективным представляется вариант, когда основой техноло-

гической поддержки является не методика обучения, а структура самого научного материала [13]. В этом случае математические задачи как основа содержания обучения математике могут выступать и как мониторинговое средство [14].

Форма организации обучения, когда обучающиеся привязаны к «своим» группам, а преподаватели — к назначенному перечню групп, ограничивает всех участников в широте контактов, что не позволяет удерживать мотивацию к обучению на должном уровне. Эта проблема решается добавлением различных форм «горизонтального» взаимодействия как преподавателей со студентами, так и студентов со студентами, студентов и преподавателей со школьниками, что активизирует позиции всех участников процесса обучения. Оценка же выполненных работ со стороны «профессионального сообщества» сокурсников и сверстников не вызывает такого диссонанса, как со стороны преподавателя, что повышает устойчивость системы умственной деятельности при увеличении нагрузки.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ ВВЕДЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СВЯЗЕЙ В ОБУЧЕНИЕ

В последние годы пришло понимание, что инженерное образование должно формировать наряду с компетенциями, связанных с приобретением конкретных знаний, умений и навыков, компетенции овладения общими механизмами профессиональной инженерной деятельности [13]. Чтобы студент приобрел профессиональные компетенции, связанные с IT-технологиями, необходимо научиться извлекать информацию, преобразовывать ее в знания, пригодные к применению в инженерной практике. Для этого необходимо использовать методы, позволяющие активизировать позиции студентов в процессе обучения, предоставив возможность диалога как с преподавателем, так и с другими студентами. Диалог необходим для возникновения новой информации в виде интеллектуального текста, который является одним из немногих пригодных к извлечению видов информации, порождаемый столкновением различных позиций [15]. Без диалога научиться работе с информацией невозможно.

Современные зарубежные педагогические исследования [16–18] показывают преимущества активной вовлеченности студентов в процесс обучения не только с точки зрения значимости для учащихся [17], но и с точки зрения влияния на академическую успеваемость [18]. Отечественная педагогическая школа всегда рассматривала активное взаимодействие участников процесса обучения как основу его эффективности. Эта позиция представлена не только классическими теориями обучения, например теорией Эльконина-Давыдова для старшей школы [19], основанной на психологических идеях Л. С. Выготского и А. Н. Леонтьева, но и детальными научно-методическими разработками для высшей школы как классическими [20], так и современными [21].

Важной особенностью активного обучения в информационную эпоху является его неформальность, то есть возможность обучаемого осуществлять навигацию в информационном пространстве и самостоятельно выстраивать стратегии обучения. Неформальность обучения связана с косвенным получением некоторых знаний, что возникает, когда обучаемый решает свою проблему, попутно знакомясь со связанными с ней областями. При анализе современных проблем неформального онлайн обучения [22] выявлены факторы его эффективности, связанные с сегментированием учебных объектов [23], а также предоставлением учащимся возможности общаться с другими людьми в процессе формирования знаний [24].

Отталкиваясь от возможности сегментирования содержания инженерной фунда-

ментальной подготовки за счет выделения практического компонента, можно говорить о развитии связанного понятийно-образно-деятельного технического мышления [5]. Программирование и компьютерное моделирование могут являться практическим компонентом математической фундаментальной подготовки IT-инженеров, следовательно, возможно эффективное изучение математического объекта или метода через построение его модели и далее через возможность программной реализации этой модели. В практическом воплощении такого «реверсивного» направления обучения зачастую для реализации процесса моделирования, понимания современных научно-инженерных разработок по выбранной тематике студентам не хватает знаний, возникают мотивация к изучению фундаментальной составляющей и запрос на математические идеи. Мотивированность решения прикладных задач в профессиональной области в среднем в 3 раза превышает не только заинтересованность, но и склонность к изучению фундаментальных дисциплин [11], тем более, к выполнению традиционных упражнений при их изучении. Неразрешенные методические противоречия последовательности введения понятий (дискретности требуемых знаний) не умоляют важности востребованности знаний для повышения персонализации процесса обучения.

Активизация позиции студента в процессе обучения может достигаться за счет изменения его ролевой функции — подход, именуемый “learning through teaching” (обучение через преподавание), который реализовывался, в основном, для различных индивидуальных форм взаимодействия учащихся. В отечественной педагогической практике XX века широко применялись методы активизации наиболее способных учеников за счет «прикрепления к ним отстающих», что позволяло в условиях нехватки ресурсов обеспечить для каждого индивидуальную глубину погружения в содержание. Проведившиеся зарубежные исследования подтверждают эффективность «обучения через преподавание» для изучения сложных вопросов и передачи смыслов [25–27].

Любая шкала отметок, оторванная от содержательного контекста, является основой для оценки самого ученика, а не его усилий по изучению предметной области, хотя учащиеся могут получать лучшие результаты, если оценивается степень их усилий в решении задачи, а не степень их одаренности в конкретной предметной области [28]. Важно отметить, что оценка эффективности активного обучения не может базироваться на общепринятом механизме балльной или рейтинговой отметки. Этот механизм пригоден только для реализации обратной связи и не пригоден для оценки деятельности студента, одновременно являясь препятствием для активизации обучения (например, использования безвозмездной помощи друг другу как механизма группового обучения). Именно поэтому важен неинвазивный мониторинг результатов обучения [14, 29].

3. ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ СВЯЗИ ОБУЧЕНИЯ

Профессионализм в областях IT-технологий основан на компетенциях извлечения и репродукции знаний, но подразумевает умения их преобразовывать и применять при решении прикладных задач. Ограниченность временных ресурсов и сложности, указанные выше, при подготовке специалистов вынуждают к изменению форматов работы для достижения оптимальных результатов. Поэтапное введение различных форм горизонтальных связей должно привести к готовности мышления к углубленной умственной деятельности, а также к формированию самооценки этой деятельности.

Исходя из приведенной психолого-педагогической теоретической базы, один из ведущих научно-педагогических коллективов высшей школы под руководством С. Н. Поздня-

кова работает над компьютерной поддержкой продуктивного обучения с введением горизонтальных связей различного типа. Результаты работы кафедры АМ СПбГЭТУ «ЛЭТИ» позволяют выдвинуть гипотезу о перспективности введения горизонтальных форм изучения математических дисциплин в инженерных учебных заведениях.

Первым шагом в сторону развития «горизонтальных» связей может служить методика введения в общий стандартный фундаментальный курс модулей, читаемых внешними специалистами по прикладной тематике, что равносильно разбиению дисциплины на базовую и вариативную части, введению дополнительных модулей [30]. Прикладная направленность внешних модулей и общение со специалистом обеспечивают такую глубину в понимании отдельных прикладных аспектов, которую не может обеспечить ни один самый великолепный преподаватель.

В настоящее время следует выделить в работе преподавателя несколько различных функций. Наряду с функцией «научного консультанта», которая по умолчанию закреплялась за лекторами, хотя они редко могут служить таковыми по всем темам курсов, нужно обратить внимание на функцию организатора учебной работы студентов (сейчас используется термин *facilitator* — помощник, что не очень точно отражает выделенную здесь функцию).

В дискуссиях конгресса по математическому образованию ICME-14 [31] активно обсуждалась тема связи математиков и преподавателей математики для правильного планирования развития содержания и методов обучения. Все сошлись на том, что очень важны специалисты, владеющие как математикой, так понимающие проблемы обучения математике. В условиях наличия качественных интернет-ресурсов с курсами лекций возрастает роль организатора учебной деятельности студентов, который должен хорошо владеть как математикой, так и педагогикой, методикой и психологией обучения.

А. Проектная деятельность

Вовлеченность отдельных студентов в процесс обучения, заинтересованность содержанием, мотивированность можно повысить за счет организации проектной деятельности (рис. 1). При этом решаются следующие организационно-методические задачи: выделение различных типов проектной деятельности, выбор части курса, по которой предлагается такая деятельность.

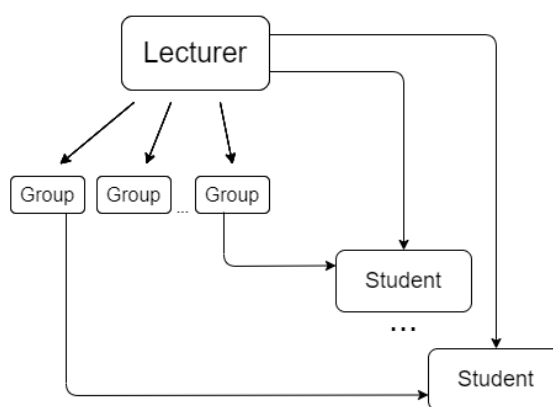


Рис. 1. Схема организации индивидуальной проектной деятельности

При реализации проектной деятельности (альтернативного экзамена) в СПбГЭТУ «ЛЭТИ» предлагаются следующие ее формы:

- Изучение нового материала и решение задач (последнее для того, чтобы студенты сами могли оценить результативность своей деятельности). Слушание более сложных онлайн курсов и сдача устного экзамена по ним, либо сертификация на самом ресурсе (такую форму выбирают около 30 % участников).
- Создание программных модулей по изучаемым алгоритмам (такую форму выбирают около 40 %).
- Исследовательская задача (выбирают около 30 % участников). Обычно исследовательская работа сочетается с предыдущими формами.

Возможен вариант, что одна тематика выносится на альтернативный экзамен, тогда нужно обеспечить правильное целеполагание студентов: самостоятельно изучить материал и выполнить поставленную задачу (проект); научить других тому, чему сам научился; научиться тому, чему научились другие студенты в процессе подготовки к экзамену. Возможно, что преподаватель сам предлагает набор тем по различным частям курса, студент может выбрать тематику самостоятельно. Например, по курсу математической логики и теории алгоритмов: булевы функции, логика предикатов и автоматизация доказательства, теория автоматов и алгоритмов, прикладная теория алгоритмов, сложность алгоритмов. Оригинальность конкретных тем проектной деятельности в области математики обеспечивается большим набором разнообразных источников как учебных, так и научных. Для математики, как правило, возраст этих источников не имеет большого значения. Существует множество книг, учебников и учебных пособий, которые можно найти в электронном виде и которые расширяют и углубляют материал курса. За последние годы появилось множество интернет-курсов на русском и английском языках, которые могут быть предметом дополнительного изучения. Используя различные ресурсы и инструменты поиска, лектор легко составит список современных статей, часть которых будет доступна для изучения студентам. Более того, по этим статьям легко поставить дополнительные вопросы, помогающие разобраться в тематике статьи: разобрать частные случаи, проиллюстрировать примерами, изучить идеи, лежащие в основе статьи, реализовать алгоритмы, описанные в статье. Обычно по ходу чтения лекций возникают интересные задачи и темы для исследования или программной реализации. Таким образом, можно не только обеспечить оригинальность тем каждый год, но и преемственность работы.

Основная организационная особенность предложенной схемы проектной деятельности — это ограниченность по объему охватываемых студентов. Может ли один лектор в потоке с более чем 100 студентами организовать проектную деятельность? Приходится решать различные педагогические задачи. Связанные как с целеполаганием студентов, так и с выбором тематики, причем важно не только предоставить всем оригинальные темы для работы, но предоставить каждому работу по силам и интересам. А еще нужно обеспечить самоконтроль и взаимоконтроль студентов, так как преподаватель не может работать с каждым из 100 студентов индивидуально.

Решение проблемы ограниченности по охвату и оригинальности можно преодолеть через организацию командной проектной деятельности (рис. 2). Практика показала, что наиболее эффективно, когда над проектом работают 2–3 человека. Проект дается для команды. Сами студенты стремятся к командной деятельности, которая соответствует организации современной работы в области информационных технологий, когда руководит работой не только архитектор, ответственный за выбор языка, структуры данных, связь между модулями ПО, но и ответственный за качество процесса, психологическое состояние участников. Первый отвечает за выбор языка, структуры данных, связь между моду-

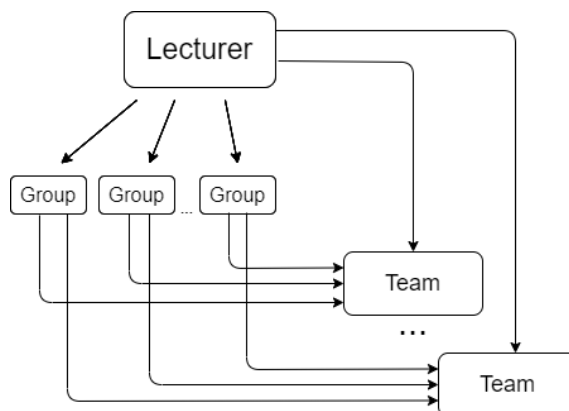


Рис. 2. Схема организации командной проектной деятельности

лями, второй за психологическое состояние участников. Например, проведенный эксперимент по созданию систем компьютерной математики показал [32], что студенты отмечают влияние этого мероприятия на профессиональный уровень (70%), на социальные навыки (70%), хотя только у 37% повлиял на интерес к математической теме, и только четверть сообщила о том, что лучше стали понимать суть математических идей.

Для решения проблем, связанных с ограничением участников в широте контактов, эффективнее использовать возможности всех преподавателей для общения с (потенциально) всеми студентами (рис. 3). Преподаватели кафедры предлагают интересующие их темы проектов и курируют работу над этими проектами в качестве научных консультантов.

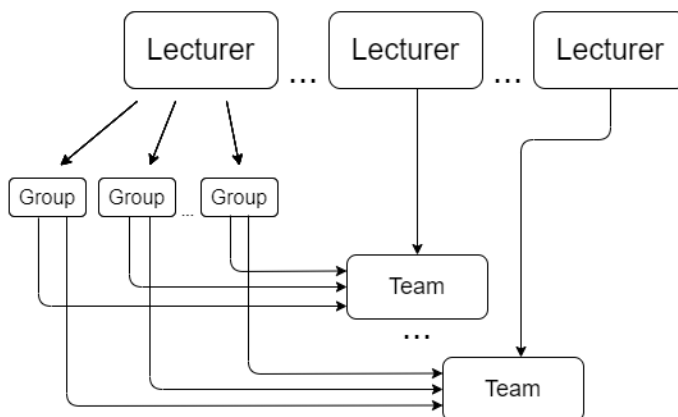


Рис. 3. Схема организации командной проектной деятельности с привлечением консультантов

Обеспечение управления проектами до момента представления результатов производится поэтапно:

1. Научный консультант обеспечивает студентов источниками информации для работы, определяет задачи и может по ходу проводить обсуждения (не обязательно).
2. По окончании работ студенты выкладывают на сайт отчет о работе (расширенную презентацию) с решениями задач, программами и пр.
3. Расширенные презентации просматриваются научными консультантами и после этого отправляются на рецензирование. Каждый участник рецензирует три работы.

Цель рецензирования: разобраться в работе, найти ошибки и недостатки в обоснованиях.

4. После окончания рецензирования и исправления замечаний на сайт выкладываются презентации докладов, у которых цель другая — передать основные идеи слушателям (не обязательно все, только те, в которых разобрался участник).
5. Конференция.

Этапы реализации управления командной проектной деятельностью совпадают, по сути, с подготовкой научно-исследовательских и конструкторских разработок (62 % участников считают, что такой системы достаточно для адекватной оценки качества выполнения проекта).

На заключительном этапе (конференции) каждой команде дается 20 минут для доклада и 10 минут для ответа на вопросы и дискуссии по докладу. Если члены команды не могут ответить на вопрос, его переадресуют рецензентам (фактически, это показатель недостатков в их работе). Если рецензенты не могут объяснить, то команде, как правило, предлагается до следующего дня доработать презентации, а рецензентам проверить результат. После окончания докладов проводится тестирование по тематике сделанных докладов (его результаты не используются для оценки, а только для самооценки участников). Оценки за альтернативный экзамен зависят от текущей учебной деятельности, но могут быть повышены при высоком качестве выполнения проекта. Такой способ выставления отметки существенен, так как снимает стресс с участников и позволяет сосредоточиться на существовании проектов, а не на оценке.

Мотивация к исследовательской деятельности предопределяет продвижение в развитии мышления студента от шаблонного через алгоритмическое к исследовательскому [33]. Косвенным признаком повышения такой мотивации, то есть повышение готовности к увеличению интеллектуальной нагрузки, может служить желание оформить результаты в виде статьи в студенческом журнале (37–52 % участников проектов). Как не потерять эту положительную тенденцию, как сохранить командную работу по интересующей тематике — на эти вызовы отвечает следующий формат горизонтальной организации обучения.

В. Студенческие коллективы

Переход от горизонтальных связей внутри одной из реализуемых дисциплин (альтернативного экзамена) к студенческим коллективам (рис. 4) позволяет студентам продолжить работу по интересующей тематике под руководством преподавателей; обеспечить преемственность работы по тематике, интересующей преподавателя.

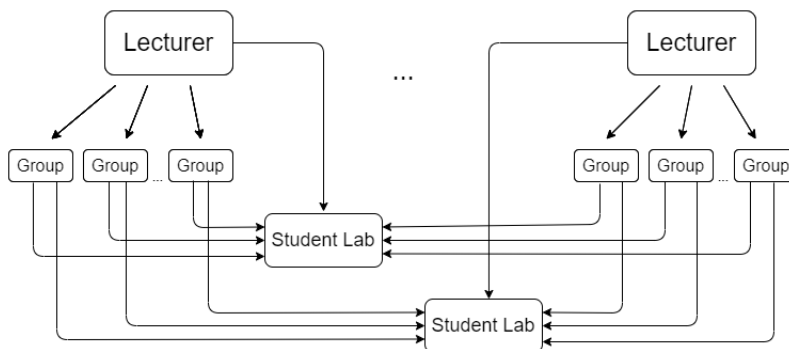


Рис. 4. Переход от проектной деятельности к студенческим коллективам

Студенческие самовоспроизводящиеся коллективы (семинары, лаборатории) служат вершиной развития «горизонтальных» связей в обучении — они являются носителями смыслов. В академической среде аналогами таких обучающих объединений выступают научные школы. По-разному зарождаются такие коллективы, одни возникают по инициативе студентов, другие — в связи с тематикой конкретного специалиста или преподавателя. Импульс к зарождению может быть внутренним, а может быть внешним, но необходимым условием является готовность кафедры (структурного подразделения вуза) предоставить организационные ресурсы для поддержки реализации этого горизонтального формата обучения. Совершенно различны по направленности студенческие коллективы кафедры АМ СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Лаборатория нейронных сетей и тропической математики выросла из студенческого семинара по одноименной тематике. Руководит семинаром студент, заинтересовавшийся этой тематикой на первом курсе, которому было предложена помощь в организации семинара при условии, что организатором будет он сам. Статьи для изучения были предложены известным ученым в области тропической математики. Студенты в течение года разбирались с материалом и объясняли его друг другу. Возникшую проблему сложности математического аппарата и преобразования формальной информации в знания удалось решить уже через год самостоятельной работы студентов. Организационное решение: подключить к консультациям преподавателя кафедры, который объяснял недостающий материал, дало свои плоды. Результатом стал интерес к грядущим курсам по математике, которые лежали в основе интересующих приложений. Параллельно этому на семинаре были изучены необходимые для проектирования нейронных сетей алгоритмы, написаны программные модули, реализующие эти алгоритмы, поставлен курс для студентов, включившихся в семинар на втором году, поставлен курс по обработке текста искусственными нейронными сетями. Сформировалось ядро из 8–10 человек, интересующихся тематикой семинара и продолжающих работу в нем.

Лаборатория математического моделирования родилась вместе с приходом квалифицированного специалиста, молодого ученого, соединяющего работу программиста с преподаванием математики. На первом этапе студентам было предложено несколько проектов для сдачи экзамена в альтернативной форме. Вторым этапом было создание команды с ядром из этих студентов, которые выступили (успешно) в международном конкурсе по моделированию. Третьим этапом стало приглашение этих студентов в работу над реальными проектами, связанными с заказами от компаний, разрабатывающих наукоемкие технологии.

Лаборатория комбинаторных вычислений возникла в процессе подготовки преподавателем кандидатской диссертации. Преподаватель увлек своей тематикой студентов, которые разработали алгоритмы по решению различных частных задач по направлению лаборатории. Возник семинар, в котором участвуют студенты всех курсов. Проходят регулярные заседания, посредством которых новые студенты естественным образом входят в тематику лаборатории. Многие участники лаборатории выбирают тематику лаборатории для выпускных квалификационных работ при окончании бакалавриата и продолжают работу над ней в магистратуре. По результатам этой работы готовятся статьи и выступления на научных конференциях.

В лаборатории по алгоритмической математике, руководимой аспирантом, собрались студенты, заинтересованные в создании учебных курсов по дискретной математике, представляющих содержание математики через алгоритмы. За время существования лаборатории выпущено два курса на Stepic. В отличие от других лабораторий, здесь не

ставится научных задач — студентов привлекает преобразование учебных материалов в электронную форму. Здесь работают со смыслом математических понятий через их практическое применение — алгоритмическую и программную реализацию.

О жизнеспособности концепции говорит и зарождающиеся новые коллективы. Лаборатория теории игр и многокритериальной оптимизации планируется в связи с появлением на кафедре известного ученого по данному направлению, который уже привлек к тематике нескольких студентов через альтернативный экзамен. В лаборатории квантовых вычислений студенты регулярно выбирают тематику квантовых вычислений для альтернативного экзамена, но пока среди них не появились желающие продолжать работу по этой теме (вероятно, из-за отсутствия постоянного контакта с заинтересованными специалистами, хотя на кафедре эту тематику уже поддерживает один из молодых преподавателей). Лаборатория математических основ компьютерной графики, возможно, появится по инициативе студентов. В новом учебном году начал работать семинар, организованный группой студентов. Уже есть организационный консультант и договоренность с научным консультантом с другой кафедры.

Пока оптимальной представляется дополнение студенческого коллектива преподавателем (организационным консультантом) и экспертом (научным консультантом). Такие коллективы обеспечивают широту содержания обучения за счет выхода за обозначенные в учебном плане дисциплины, а также углубленность изучения конкретной тематики. Но соединяются участники таких коллективов с разными целями и ролями, например, в них можно увидеть такую структуру: «эксперт + преподаватель + студент + школьник». Не всегда она бывает полной, возможно совмещение ролей, например «эксперт и преподаватель», «преподаватель и студент». Роль эксперта — направлять движение коллектива в перспективном направлении. Роль преподавателя — показывать пример осмысления новых знаний, демонстрируя приемы мышления школьникам и студентам. Роль студента — овладевать новыми знаниями в процессе выполнения проектов, в общении с коллегами, в освоении новых идей в процессе объяснения их школьникам. Роль школьника — знакомиться с организацией работы в научных коллективах, с критериями выбора будущей профессии.

Одним из следствий горизонтальных связей и работы в рамках объединений по научным интересам является постепенное овладение преподавателем прикладными вопросами математики, связанными со спецификой инициативных объединений. В дальнейшем это поможет ему видеть свой фундаментальный курс под прикладным углом зрения и понимать, какие вопросы будут интересны слушателям и какими вопросами можно пренебречь.

С. Студенческий университет

Студенческие самовоспроизводящиеся коллективы являются устойчивыми горизонтальными формами обучения, но возможно и кратковременное горизонтальное обучение. Именно поэтому в СПбГЭТУ «ЛЭТИ» возник студенческий университет, цель которого в том, чтобы, используя студенческое сообщество, а также вовлеченных в проект специалистов с кафедр и IT-компаний, помочь студентам овладеть интересующими их IT-технологиями уже на первых курсах вуза (рис. 5).

Сфера IT развивается настолько бурно, что система образования не успевает за актуальными направлениями. В любом большом учебном заведении со многими факультетами есть инициативные студенты, самостоятельно осваивающие современные IT-технологии. Естественно, не все из этих технологий входят в программу первых двух курсов, а с некоторыми технологиями студенты знакомятся, уже становясь выпускниками.

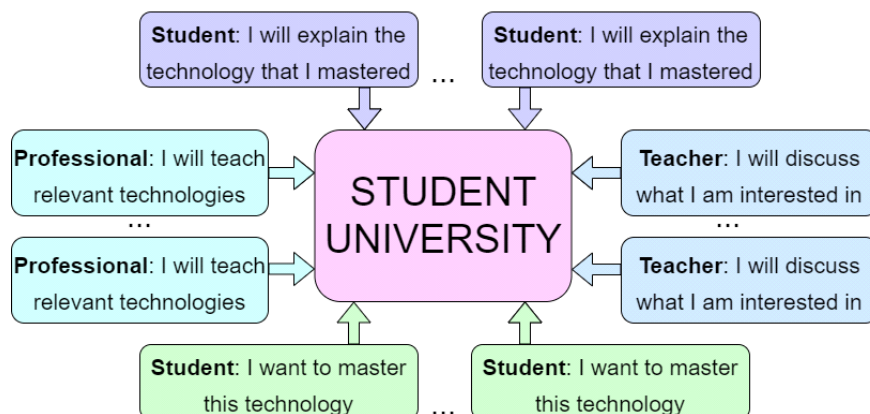


Рис. 5. Студенческий университет

Курсы студенческого университета ИТ-ЛЭТИ [34] состоят примерно из 10 занятий, которые в основном связаны с освоением практических приемов. В качестве руководителей курсов приглашаются студенты любых курсов, желающие поделиться своими знаниями с другими студентами, а также преподаватели и специалисты из ИТ-сферы. Курсы могут проходить как в очном, так и в дистанционном формате по договоренности между руководителем и записавшимися на курс участниками. Запись на курсы происходит через гугл-формы, рассылаемые всем студентам ЛЭТИ через личные кабинеты в начале каждого семестра (первая половина февраля и первая половина сентября).

4. ПОТЕНЦИАЛ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СВЯЗЕЙ

Неформальное обсуждение изменения мотивационной сферы студентов при горизонтальном обучении [35], показало наличие факторов, оказавших позитивное влияние. Важно, чтобы на младших курсах обучения была сформирована персонально значимая профессиональная тематика, реализуемая, возможно, в различных курсах, а студент не воспринимал себя как шестеренку в «машине обучения». Потенциал горизонтальных связей обучения возможно оценить пока только по косвенному влиянию таких связей на учебную мотивацию студента и его самооценку учебной деятельности.

Апробация одновременно всех трех форм организации горизонтального обучения только начата в 2021 году, но уже сейчас можно говорить о позитивной роли для мотивации студентов к обучению. Мнения 74 студентов 2 курса СПбГЭТУ подтверждают это (рис. 6).

Традиционное «упреждающее» преподавание фундаментальных дисциплин, к которому склонны не более 20–30 % студентов сочеталось с «востребованным обучением». Методические противоречия, например, между последовательностью введения новых понятий и дискретностью требуемых знаний, «востребованного» как вида реверсивного обучения [36], признаны педагогической наукой и требуют своего разрешения. Но опираясь на высокие показатели мотивации к профессиональному обучению (70–80 % студентов), можно через практическую составляющую фундаментальной подготовки прийти к теории. Работая в командах (студенческих объединениях), студенты выбирают прикладные задачи, причем с удовольствием. Через некоторое время им не хватает знаний, чтобы читать научные статьи по выбранной теме, и возникает мотивация к изучению фундаментальных идей.

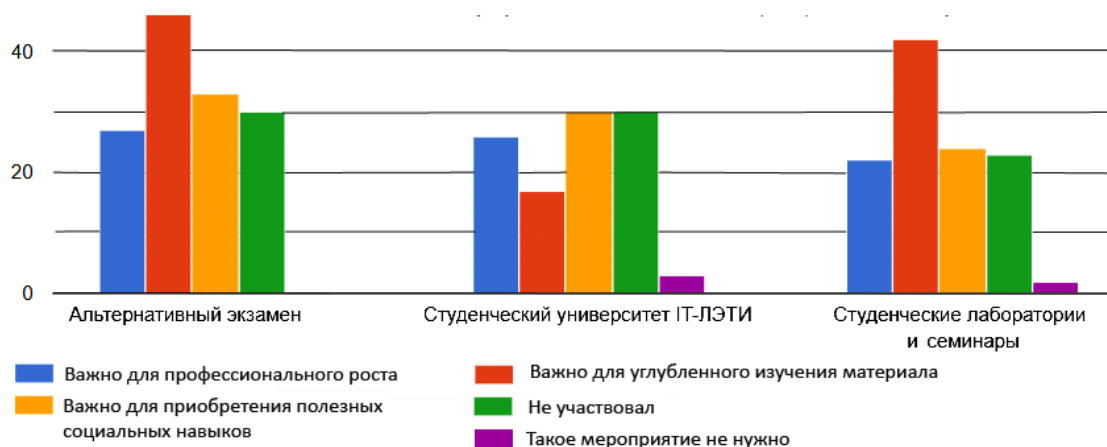


Рис. 6. Позитивная роль горизонтальных форм обучения

Участие студентов в проектной деятельности как альтернатива формальному экзамену позволяет привлечь 20–40 % студентов к инициативной деятельности, существенно превосходящей рамки основного курса и сформировать правильные представления о характере научно-исследовательской деятельности. Осуществлять управление учебной работой студентов возможно через постановку и решение учебных задач, совместную работу, представление результатов профессиональному (в данном случае учебному) сообществу. Использование же только экзамена как средства оценки учебной работы студента ориентирует студентов на специальный вид деятельности «подготовка к экзамену», что часто вступает в противоречие с реальными целями обучения [13, 14, 29].

Учебная работа в семинарах предполагает осмысление идеи для передачи другим, такая же цель ставится перед студентами, делающими выступление на альтернативном экзамене. Рецензирование работ друг друга заставляет переосмыслить собственные презентации с точки зрения понимания их содержания другими студентами. Возникает особая концепция «обучения через преподавание», практическая составляющая которой всегда использовалась в отечественной педагогике в виде помощи успевающим отстающим. Разработка программных средств также может рассматриваться как одна из форм обучения через преподавание — обучение компьютера.

Для формирования гипотез о результативности использования «обучения через преподавание» проводятся предварительные организационные эксперименты, которые показали значительное влияние преподавания на владение предметной областью (табл. 1). Сравнивались группы студентов: студенты-стажеры, которым было доверено проводить реальные учебные занятия, и студенты-преподаватели ИТ-ЛЭТИ. Показатели же того, что именно оказывает влияние на улучшение владения преподаваемой областью — углубленное изучение материала или его структурирование, говорят о восприятии с большей ответственностью роли преподавателя, нежели предложения рассказать то, что знаешь.

Создание учебных материалов привлекает тех студентов, кто уже почувствовал обратное влияние на понимание материала его представление другим участникам учебного сообщества. Все студенты, попробовавшие себя в роли преподавателей, отмечают полезность для себя такого опыта (а 77 % говорят о необходимости каждому попробовать себя в такой роли). Все указывают на разительные отличия процесса освоения материала в роли преподавателя от освоения его в роли студента:

Таблица 1. Результаты опроса о влиянии преподавания на владение предметной областью

Повлияло ли преподавание на улучшение владения преподаваемой областью?	Стажеры	Студенты-преподаватели ИТ-ЛЭТИ
Не повлияло	0 %	15,4 %
Повлияло, так как в процессе подготовки приходилось изучать различные материалы, понимая, что нужно будет объяснять другим	70 %	15,4 %
Повлияло, так как приходилось структурировать материал	30 %	69,2 %

- нужно представить, как другие люди будут воспринимать этот материал (100 %), то есть предусмотреть все возможные реакции слушателей;
- нужно спланировать и организовать учебную работу (90 %), то есть выбрать оптимальный организационный формат;
- нужно оценить деятельность другого человека (60 %), то есть разработать критерии усвоенности содержания;
- характером работы (50 %), нужно не только решать самому;
- ответственностью за верность решений и информации (40 %).

Причем на то, что даже в хорошо знакомой области узнали что-то новое в результате подготовки и проведения занятий говорит подавляющее большинство — 84,6 %.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Невозможно представить профессионала в области информационных технологий, не имеющего главных компетенций — умений и навыков работы с информацией. Именно в самом начале профессиональной подготовки при изучении общих фундаментальных дисциплин должны быть приобретены компетенции по получению информации (знаний), ее представлению и преобразованию, чтобы в дальнейшем на этой базе учиться использовать информацию в конкретных инженерных приложениях и решениях. Преследуя цели развития продуктивного и технического мышления, предлагается использовать горизонтальные связи в организационных формах обучения. Важными педагогическими теориями для развития горизонтальных связей являются концепции востребованного обучения, неинвазивного мониторинга и обучения через преподавание.

Приведенные горизонтальные связи реализуются на кафедре алгоритмической математики СПбГЭТУ «ЛЭТИ» в составе методики ПроКоТех-подхода как синтеза теории продуктивного мышления и обучения, конструктивистской теории обучения и технического мышления.

Список литературы

1. *Van de Geer J. P.* A psychological study of problem solving. Amsterdam, 1957.
2. *John E. R.* Contributions to the study of the problem-solving process // Psychological Monographs. 1957. Vol. 71, № 18. P. 1–39. doi: 10.1037/h0093799
3. *Csapó B., Funke J.* (eds.) The Nature of Problem Solving: Using Research to Inspire 21st Century Learning, Educational Research and Innovation. Paris: OECD Publishing, 2017. doi: 10.1787/9789264273955-en
4. *Feltovich P. J., Prietula M., Ericsson K.* Studies of expertise from psychological perspectives // The Cambridge Handbook of Expertise and Expert Performance. 2006. 41 p. URL: https://www.researchgate.net/publication/200772882_Studies_of_expertise_from_psychological_perspectives (10.08.2021).

5. Кудрявцев Т. В. Психология технического мышления. (Процесс и способы решения технических задач). М.: Педагогика, 1975. 304 с.
6. Баишмаков М. И. Теория и практика продуктивного обучения. М.: Народное образование, 2000. 248 с.
7. Minsky M. The Society of Mind. New York: Simon and Schuster. 1987. 336 p.
8. Minsky M. The emotion machine: commonsense thinking, artificial intelligence, and the future of the human mind. New York: Simon and Schuster. 2006. 373 p.
9. Papert S. An Exploration in the Space of Mathematics Educations. // International Journal of Computers for Mathematical Learning. 1996. Vol. 1, № 1. P. 95–123.
10. Толкачева Е. А., Казакевич В. Г. О концепции содержания математического образования инженера // Актуальные проблемы преподавания математики в техническом вузе. 2019. № 7. С. 315–322.
11. Поздняков С. Н., Толкачева Е. А. ПроКоТех-подход к фундаментальной подготовке ИТ-специалистов // XVIII Всероссийская научно-практическая конф. Планирование и обеспечение подготовки кадров для промышленно экономического комплекса региона: сб. докладов. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2020 г. С. 43–46.
12. Кузнецов О. П. Когнитивное моделирование слабо структурированных ситуаций // Пospelовские чтения: сборник трудов. Вып. 7. Искусственный интеллект — проблемы и перспективы. Григорян Г. Г., Стефанюк В. Л. (ред.). М., 2006. С. 88–97.
13. Поздняков С. Н. Связь целеполагания в преподавании математики с ее технологическим сопровождением // Компьютерные инструменты в образовании. 2019. № 3. С. 70–89. doi: 10.32603/2071-2340-2019-3-70-89
14. Чухнов А. С. Конструктивные задачи как средство «инвазивной» и «неинвазивной» оценки знаний // Компьютерные инструменты в образовании. 2019. № 3. С. 96–104. doi: 10.32603/2071-2340-2019-3-96-104
15. Лотман Ю. М. Внутри мыслящих миров. Человек — текст — семиосфера — история. М.: Языки русской культуры, 1996. 464 с.
16. Broadbent J., Poon W. L. Self-regulated learning strategies & academic achievement in online higher education learning environments: A systematic review // Internet and Higher Education. 2015. № 27. P. 1–13. doi: 10.1016/j.iheduc.2015.04.007
17. Xia J., Fielder J., Siragusa L. Achieving better peer interaction in online discussion forums: A reflective practitioner case study // Issues in Educational Research. 2013. Vol. 23, № 1. P. 97–113.
18. Vanslambrouck S., Zhu C., Pynoos B., Thomas V., Lombaerts K., Tondeur J. An in-depth analysis of adult students in blended environments: Do they regulate their learning in an “old school” way? // Computers & Education. 2018. № 128. P. 75–87. doi: 10.1016/j.compedu.2018.09.008
19. Давыдов В. В. Проблемы развивающего обучения: Опыт теоретического и экспериментального психологического исследования // Труды д.чл. и чл.-кор. АПН СССР. М.: Педагогика, 1986. 240 с.
20. Смолкин А. М. Методы активного обучения: Научно-методические пособие. М.: Высшая школа, 1991. 176 с.
21. Бороненко Т. А., Кайсина А. В., Федотова В. С. Активные и интерактивные методы педагогического взаимодействия в системе дистанционного обучения // Научный диалог. 2017. № 1. С. 227–243.
22. Holland A. A. Effective principles of informal online learning design: A theory-building metasynthesis of qualitative research // Computers & Education. 2018. Vol. 128. P. 214–226. doi: 10.1016/j.compedu.2018.09.026
23. Ally M., Cleveland-Innes M., Boskic N, Larwill S. Learners’ use of learning objects // Journal of Distance Education. 2006. Vol. 21, № 2. P. 44–57.
24. Clark K. Serving underserved communities with instructional technologies: Giving them what they need, not what you want // Urban Education. 2005. № 40. P. 430–445. doi: 10.1177/0042085905276388
25. Fiorella, L., Mayer, R. E. The relative benefits of learning by teaching and teaching expectancy // Contemporary Educational Psychology. 2013. № 38(4). P. 281–288. doi: 10.1016/j.cedpsych.2013.06.001
26. Stollhans S. Learning by teaching: developing transferable skills. 2016. doi: 10.14705/rpnet.2016.cbg2016.478.
27. Duran D. Learning-by-teaching. Evidence and implications as a pedagogical mechanism // Innovations in Education and Teaching International. 2016. Vol. 54, № 5. P. 476–484. 10.1080/14703297.2016.1156011
28. Mueller C. M., Dweck C. S. Praise for intelligence can undermine children’s motivation and performance // Journal of Personality and Social Psychology. 1998. № 75(1). P. 33–52. doi: 10.1037/0022-3514.75.1.33
29. Чухнов А. С., Поздняков С. Н. Педагогические и методические аспекты неинвазивного мониторинга // Компьютерные инструменты в образовании. 2020. № 4. С. 113–145, doi: 10.32603/2071-2340-2020-4-113-145.
30. Рыбин С. В. Изучение дискретной математики в ЛЭТИ: текущее состояние и перспективы // Математическое образование инженера (TEMPUS PROJECT META-MATH Modern Educational Technologies for Math Curricula in Engineering Education of Russia): Сборник статей. Часть I. / Под ред. Позднякова С. Н. СПб: Элмор, 2015. С. 70–79.
31. Discussion Group 14th International Congress on Mathematical Education // Shanghai, 11–18 July 2021. URL: <https://www.icme14.org/static/en/news/39.html?v=1631685744476> (дата обращения: 10.08.2021).

32. Поздняков С. Н. Система компьютерной алгебры как педагогическая задача // Компьютерные инструменты в образовании. 2017. № 2. С. 25–41.
33. Казакевич В. Г., Толкачева Е. А. Шаблоны и алгоритмы в математической подготовке инженера // Развитие образования. 2018. № 2(2). С. 13–19. doi: 10.31483/r-21827
34. Студенческий университет ИТ-ЛЭТИ. URL: <https://sites.google.com/view/it-leti/> (дата обращения: 17.06.2021)
35. II International Conference "Computer Assisted Mathematics"// CAM-2021 St-Peterburg. July 28–30, 2021. <http://cam21.ipos.spb.ru/cam21> (дата обращения: 10.08.2021).
36. Дудина М. Н. Инновационные образовательные технологии: реверсивное обучение // Научные исследования в области педагогики и психологии // Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 2. г. Саратов, 2017. 61 с.

Поступила в редакцию 25.06.2021, окончательный вариант — 10.08.2021.

Толкачева Елена Алексеевна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры алгоритмической математики СПбГЭТУ «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина),
✉ eatolkacheva@etu.ru

Computer tools in education, 2021

№ 2: 84–100

<http://cte.eltech.ru>

doi:10.32603/2071-2340-2021-2-84-100

Mathematics at a Technical University: the Potential of Horizontal Connections

Tolkacheva E. A.¹, PhD, Associate Professor, ✉ eatolkacheva@etu.ru

¹Saint Petersburg Electrotechnical University,
5, building 3, st. Professora Popova, 197376, Saint Petersburg, Russia

Abstract

Horizontal connections, which are implemented at the Department of Algorithmic Mathematics of St. Petersburg State Electrotechnical University «LETI» as an integral part of the methodology of the Procotech approach to learning, are described.

From the statement of the goal of developing the thinking of a professional, in this case technical thinking, in the process of studying at a technical university, general psychophysiological issues of the formation and development of thinking during training arise. In modern technical education, competencies related to information and knowledge — their extraction, transformation and application — are increasingly relevant. Competencies of this kind imply not only the development of information skills, but also the flexibility of the subject's mental activity, since it is human reasoning that becomes the ideal basic model for technology.

Mathematics and other fundamental disciplines in technical universities are taught mainly in the first year of education. This forces us to plan not only the content of disciplines, but also training in methods of organizing mental work and preparation for increasing the intensity of mental work.

Horizontal connections are shown as potential to activate the intellectual work of students, increase their academic motivation, as well as increase the stability mental activity system with an increase in workload.

Keywords: *productive learning; technical thinking; engineering education; fundamental preparation; pedagogical technologies; horizontal connections; motivation to study.*

Citation: E. A. Tolkacheva, "Mathematics at a Technical University: the Potential of Horizontal Connections," *Computer tools in education*, no. 2, pp. 84–100, 2021 (in Russian); doi:10.32603/2071-2340-2021-2-84-100

References

1. J. P. van de Geer. *A psychological study of problem solving*, Haarlem, NL: Uitgeverij De Toorts, 1957.
2. E. R. John "Contributions to the study of the problem-solving process," *Psychological Monographs*, vol. 71, no. 18, pp. 1–39, 1957; doi: 10.1037/h0093799
3. B. Csapó and J. Funke, eds., *The Nature of Problem Solving: Using Research to Inspire 21st Century Learning, Educational Research and Innovation*, Paris: OECD Publishing, 2017; doi: 10.1787/9789264273955-en
4. P. J. Feltovich, M. Prietula, and K. Ericsson "Studies of expertise from psychological perspectives," in *The Cambridge Handbook of Expertise and Expert Performance* 2006, pp. 41–68; doi: 10.1017/CBO9780511816796.004
5. T. V. Kudryavtsev, *Psikhologiya tekhnicheskogo myshleniya. (Protsess i sposoby resheniya tekhnicheskikh zadach)* [Psychology of technical thinking. (Process and methods of solving technical problems)], Moscow: Pedagogika, 1975 (in Russian).
6. M. I. Bashmakov, *Teoriya i praktika produktivnogo obucheniya* [Theory and practice of productive learning], Moscow: Narodnoe obrazovanie, 2000 (in Russian).
7. M. Minsky, *The Society of Mind*, New York: Simon and Schuster, 1987.
8. M. Minsky, *The emotion machine: commonsense thinking, artificial intelligence, and the future of the human mind*, New York: Simon and Schuster, 2006.
9. S. Papert, An Exploration in the Space of Mathematics Educations. // *Int. J. Comput. Math. Learn.*, vol. 1, no. 1, pp. 95–123, 1996; doi: 10.1007/BF00191473
10. E. A. Tolkacheva and V. G. Kazakevich, "O kontseptsii sodержaniya matematicheskogo obrazovaniya inzhenera" [About the concept of the content of the mathematical education of an engineer], *Aktual'nye problemy prepodavaniya matematiki v tekhnicheskom vuze*, no. 7, pp. 315–322, 2019 (in Russian).
11. S. N. Pozdnyakov and E. A. Tolkacheva, "Procotech Approach to the Fundamental Training of it Specialists," in *Proc. of XVIII Vserossiiskaya nauchno-prakticheskaya konf. Planirovanie i obespechenie podgotovki kadrov dlya promyshlenno ekonomicheskogo kompleksa regiona, Nov 20–21, 2019, St. Petersburg*, St. Petersburg, Russia: Izd-vo SPbGETU «LETI», 2020, pp. 43–46 (in Russian).
12. O. P. Kuznetsov, "Kognitivnoe modelirovanie slabo strukturirovannykh situatsii," in G. G. Grigoryan and V. L. Stefanyuk, eds., *Pospelovskie chteniya: sbornik trudov. Vyp. 7. Iskusstvennyi intellekt — problemy i perspektivy*, Moscow: Politekhnikeskii muzei, 2006, pp. 88–97 (in Russian).
13. S. N. Pozdnyakov, "Connection of Goal — Setting in Mathematics Teaching with Its Technological Support," *Computer tools in education*, no. 3, pp. 70–89, 2019 (in Russian); doi: 10.32603/2071-2340-2019-3-70-89
14. A. S. Chukhnov, "Constructive Tasks as a Tool of Invasive and Non-invasive Assessment of Knowledge," *Computer tools in education*, no. 3, pp. 96–104, 2019; doi: 10.32603/2071-2340-2019-3-96-104
15. Yu. M. Lotman, *Vnutri myslyashchikh mirov. Chelovek — tekst — semiosfera — istoriya* [Inside thinking worlds. Human — text — semiosphere — history], Moscow: Yazyki russkoi kul'tury, 1996 (in Russian).
16. J. Broadbent and W. L. Poon, "Self-regulated learning strategies & academic achievement in online higher education learning environments: A systematic review," *Internet and Higher Education*, vol. 27, pp. 1–13, 2015; doi: 10.1016/j.iheduc.2015.04.007
17. J. Xia, J. Fielder, and L. Siragusa, "Achieving better peer interaction in online discussion forums: A reflective practitioner case study," *Issues in Educational Research*, vol. 23, no. 1, pp. 97–113, 2013; doi: 10.3316/aeipt.198044
18. S. Vanslambrouck et al., "An in-depth analysis of adult students in blended environments: Do they regulate their learning in an "old school" way?," *Computers & Education*, vol. 128, pp. 75–87, 2018; doi: 10.1016/j.compedu.2018.09.008
19. V. V. Davydov, "Problemy razvivayushchego obucheniya: Opyt teoreticheskogo i eksperimental'nogo psikhologicheskogo issledovaniya" [Developmental Learning Problems: The Experience of Theoretical and Experimental Psychological Research], *Trudy d. chl. i chl.-kor. APN SSSR*, Moscow: Pedagogika, 1986 (in Russian).
20. A. M. Smolkin, *Metody aktivnogo obucheniya: Nauchno-metodicheskie posobie*. [Active learning methods: Scientific and methodological manual], Moscow: Vysshaya shkola, 1991 (in Russian).
21. T. A. Boronenko, A. V. Kaisina, and V. S. Fedotova, "Active and Interactive Methods of Pedagogical Interaction in System of Distance Learning," *Nauchnyy dialog*, no. 1, pp. 227–243, 2017 (in Russian).

22. A. A. Holland, "Effective principles of informal online learning design: A theory-building metasynthesis of qualitative research," *Computers & Education*, vol. 128, pp. 214–226, 2018; doi: 10.1016/j.compedu.2018.09.026
23. M. Ally, M. Cleveland-Innes, N. Boskic, and S. Larwill, "Learners' use of learning objects," *Journal of Distance Education*, vol. 21, no. 2, pp. 44–57, 2006.
24. K. Clark, "Serving underserved communities with instructional technologies: Giving them what they need, not what you want," *Urban Education*, no. 40, pp. 430–445, 2005; doi: 10.1177/0042085905276388
25. L. Fiorella and R. E. Mayer, "The relative benefits of learning by teaching and teaching expectancy," *Contemporary Educational Psychology*, vol. 38, no. 4, pp. 281–288, 2013; doi: 10.1016/j.cedpsych.2013.06.001
26. S. Stollhans, "Learning by teaching: developing transferable skills," in E. Corradini, K. Borthwick, and A. Gallagher-Brett, eds., *Employability for languages: a handbook*, Voillans, France: Research-publishing.net, 2016, pp. 161–164; doi: 10.14705/rpnet.2016.cbg2016.478
27. D. Duran, "Learning-by-teaching. Evidence and implications as a pedagogical mechanism," *Innovations in Education and Teaching International*, vol. 54, no. 5, pp. 476–484, 2016; doi: 10.1080/14703297.2016.1156011
28. C. M. Mueller and C. S. Dweck, "Praise for intelligence can undermine children's motivation and performance," *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 75, no. 1, pp. 33–52, 1998; doi: 10.1037/0022-3514.75.1.33
29. A. S. Chukhnov and S. N. Pozdniakov, "Pedagogical and Methodological Aspects of Non-Invasive Monitoring (on the Example of Teaching Mathematics at School and University)," *Computer tools in education*, no. 4, pp. 113–145, (in Russian); doi: 10.32603/2071-2340-2020-4-113-145.
30. S. V. Rybin, "Izuchenie diskretnoi matematiki v LETI: tekushchee sostoyanie i perspektivy," [Study of discrete mathematics at LETI: current state and prospects] in S. N. Pozdniakov, ed., *TEMPUS PROJECT META-MATH Modern Educational Technologies for Math Curricula in Engineering Education of Russia, Diges, Part I*, St. Petersburg, Russia: Elmor, 2015, pp. 70–79 (in Russian).
31. 14th International Congress on Mathematical Education, "Discussion Group," in *ICME14 Official site*, Shanghai, 11–18 July, 2021. [Online]. Available: <https://www.icme14.org/static/en/news/39.html?v=1631685744476>
32. S. N. Pozdniakov, "Computer Algebra System as a Pedagogical Task," *Computer tools in education*, no. 2, pp. 25–41, 2017 (in Russian).
33. V. G. Kazakevich and E. A. Tolкачева, "Templates and algorithms in the mathematical engineering training," *Development of education*, vol. 2, no. 2, pp. 13–19, 2018 (in Russian); doi: 10.31483/r-21827
34. Student University IT-LETI, [Official site] [Online] (in Russian). Available: <https://sites.google.com/view/it-leti/>
35. II International Conference "Computer Assisted Mathematics [Official site]. [Online]. Available: <http://cam21.ipospb.ru/cam21>
36. M. N. Dudina, "Innovatsionnye obrazovatel'nye tekhnologii: reversivnoe obuchenie" [Innovative educational technologies: reverse learning], in *Nauchnye issledovaniya v oblasti pedagogiki i psikhologii. Sbornik nauchnykh trudov po itogam mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Saratov, Russia*, no. 2, 2017 (in Russian).

Received 25-06-2021, the final version — 10-08-2021.

Elena Tolкачева, PhD, Associate Professor of Algorithmic Mathematics Department, Saint Petersburg Electrotechnical University, ✉ eatolkacheva@etu.ru