

УДК 37.018+004.89]:51:616-036.21  
DOI: 10.25559/SITITO.16.202001.207-223

## Опыт преподавания математических дисциплин с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий в период пандемии COVID-19

Е. А. Косова\*, Ю. Ю. Дюличева

Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, г. Симферополь, Россия  
295007, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, пр. Вернадского, д. 4  
\*lynx99@inbox.ru

### Аннотация

В статье исследуется опыт реализации электронного обучения (ЭО) с использованием дистанционных образовательных технологий (ДОТ) в период пандемии COVID-19 на примере дисциплины «Численные методы». Обучение проводилось на факультете математики и информатики Таврической академии Крымского федерального университета им. В.И.Вернадского для студентов 3 курса направлений подготовки 01.03.01 Математика, 01.03.02 Прикладная математика и информатика, 01.03.04 Прикладная математика (всего 107 обучающихся) с марта по май 2020 года. В качестве основной платформы обучения была использована социальная сеть ВКонтакте (ВК) с подключением платформ Discord, YouTube, HP Reveal. Основным типом образовательного контента в разработанной модели ЭО являлась авторская видеолекция. Обратная связь была реализована посредством обсуждения в текстовых и голосовых чатах, видеозащиты программного кода лабораторных работ, демонстрации результатов выполненных заданий в рукописном (фото) или печатном форматах, в виде скриншотов или видеопояснений, в том числе с элементами дополненной реальности. Эффективность методического подхода подтверждена результатами опросов обучающихся (81,7% студентов в анонимном опросе оценили качество преподавания дисциплины на «отлично») и ростом успеваемости, зарегистрированным по итогам контрольных работ с использованием метода взаимной оценки (на 32,2% в среднем). Подтверждено, что для организации ЭО по математическим дисциплинам при планировании учебного процесса, подготовке учебных материалов и контрольных мероприятий преподавателю необходимо придерживаться принципов интерактивного обучения и мультимодальности, а также требований веб-доступности. Наилучшим методом изложения нового материала признана авторская видеолекция-скринкаст (выбор 83,7% обучающихся) в сопровождении субтитров, подробных пояснений лектора (аудиодескрипции) и текстового аналога (конспекта или стенограммы). Новая модель ЭО может быть перенесена в формат МООК без существенных логических изменений и временных затрат.

**Ключевые слова:** электронное обучение, дистанционные образовательные технологии, математическое образование, математические дисциплины, веб-доступность, COVID-19.

**Для цитирования:** Косова, Е. А. Опыт преподавания математических дисциплин с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий в период пандемии COVID-19 / Е. А. Косова, Ю. Ю. Дюличева. – DOI 10.25559/SITITO.16.202001.207-223 // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2020. – Т. 16, № 1. – С. 207-223.

© Косова Е. А., Дюличева Ю. Ю., 2020



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.  
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.



## **Experience in Teaching Mathematical Disciplines Using E-learning and Distance Learning Technologies during the COVID-19 Pandemic**

**Ye. A. Kosova\*, Yu. Yu. Dyulicheva**

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia

4 Academica Vernadskogo Ave., Simferopol 295007, Russia

\*lynx99@inbox.ru

### **Abstract**

The experience of e-learning (EL) with distance learning technologies (DLT) implementing for teaching of «Numerical methods» in the Mathematics and Computer Science department of V.I. Vernadsky Crimean Federal University during COVID-19 pandemic period from March to May 2020 is studied in the article. 107 students from third course that learn in the direction of 01.03.01 Mathematics, 01.03.02 Applied Mathematics and Computer science, 01.03.04 Applied Mathematics are participated in the experiment. As the main platform, the social network VKontakte (VK) with Discord, Youtube and HP Reveal platforms are used. The author's video lecture is the main type of educational content in the developed e-learning model. The students feedback is realized through discussion in the text and voice chats, video presentations of programming code for numerical methods realization, the tasks results demonstration in hand-written form (photo of problems decision) or in print format, in screenshots or video explanations including elements of the augmented reality technologies. The effectiveness of the developed methodological approach is confirmed by the results of students questionnaires (81,7% of the students that participate in the anonymous questionnaire estimate the quality of the numerical methods teaching as excellent) and the academic performance growth based on the tests results using the peer review method (the growth of the academic performance on average is 32,2%). It is confirmed that for e-learning organizing for mathematical disciplines teaching in the educational process planning, training contents and tests preparing the teachers need to use the interactive learning and multimodality principles, as well as web accessibility requirements. The best method of new learning content presentation is the author's screencast video lecture (the choice of 83,7% students) accompanied with subtitles and detailed explanations of the lecturer (audio descriptions) and text analogue (the lecture notes or verbatim report). The new e-learning model can be transferred to the MOOC format without significant logical changes or time costs.

**Keywords:** e-learning, distance learning technologies, mathematical education, web accessibility, COVID-19.

**For citation:** Kosova Ye.A., Dyulicheva Yu.Yu. Experience in Teaching Mathematical Disciplines Using E-learning and Distance Learning Technologies during the COVID-19 Pandemic. *Sovremennyye informacionnyye tehnologii i IT-obrazovanie* = Modern Information Technologies and IT-Education. 2020; 16(1):207-223. DOI: <https://doi.org/10.25559/SITITO.16.202001.207-223>



## Введение

В марте 2020 года в результате и на фоне пандемии COVID-19 произошло беспрецедентное событие в сфере образования – глобальный перенос обучения из аудиторий в дистанционный формат<sup>1</sup>. Новые условия обязали преподавателей аврально перейти на электронное обучение (ЭО) и дистанционные образовательные технологии (ДОТ) с использованием адекватных дидактических методов, позволяющих полностью заменить аудиторную работу без потери качества обучения.

На Международной конференции ЮНЕСКО по информационно-коммуникационным технологиям и образованию после 2015 года (23-25 мая 2015 года, г. Циндао, Китай) государства-участники рекомендовали признать массовые открытые онлайн-курсы (МООК) как альтернативу или дополнение к очным программам обучения<sup>2</sup>. Однако, от онлайн-курса, выбранного в качестве замены традиционной модели обучения по дисциплине, ожидается, как минимум, следующее: соответствие материала курса основной профессиональной образовательной программе; доступность для прохождения в нужный период времени; наличие сертификата, подтверждающего полученные компетентности, или доступа к таблице успеваемости обучающихся для обеспечения аудита со стороны преподавателя; доступность контента курса для всех обучающихся, в том числе для лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ); бесплатность обучения [1-4].

В условиях, когда онлайн-курсы по дисциплине отсутствуют в Сети или не соответствуют перечисленным требованиям, а разработать новый МООК в сжатые сроки сложно или невозможно, преподаватель вынужден находить альтернативные пути решения проблемы, опираясь на собственные профессиональные компетенции и передовой опыт использования технологий онлайн-обучения.

В инструкции Министерства науки и высшего образования, подготовленной совместно с Научно-исследовательским университетом «Высшая школа экономики» в марте 2020 года, преподавателям предложено придерживаться следующего алгоритма из шести шагов: 1) выбрать способ реализации обучения по дисциплине (в том числе, с полным или частичным использованием МООК); 2) разработать план преподавания онлайн; 3) выбрать способ проведения лекций; 4) разработать дидактические материалы; 5) опубликовать материалы на выбранной платформе; 6) начать обучение<sup>3</sup>.

Результаты анализа МООК по математическим дисциплинам [3, 4] свидетельствуют о слабой распространенности русскоязычных математических МООК и низкой доступности обнаруженных курсов для лиц с ОВЗ, что ставит под сомнение использование готовых онлайн-курсов «как есть» для большинства математических дисциплин. Вместе с тем, согласно результатам социологического исследования, проведенного в период весеннего карантина 2020 года среди преподавателей

российских вузов<sup>4</sup>, 75% респондентов высоко оценивают свои компетенции в области использования информационно-коммуникационных технологий, 83% практически все свое время находятся в образовательном онлайн-пространстве, 53% имеют свежее повышение квалификации в области преподавания онлайн. Приведенные данные положительно характеризуют готовность преподавателей к поддержке ЭО и ДОТ, в том числе к разработке эффективных дидактических методик преподавания математических дисциплин онлайн.

Цель статьи – проанализировать опыт преподавания математических дисциплин с использованием ЭО и ДОТ в период пандемии COVID-19 на примере дисциплины «Численные методы» для направлений подготовки 01.03.01 Математика, 01.03.02 Прикладная математика и информатика, 01.03.04 Прикладная математика в Крымском федеральном университете им. В. И. Вернадского (КФУ).

## Обзор методик ЭО с использованием ДОТ по математическим дисциплинам

Термин «математическое ЭО» подразумевает использование математического программного обеспечения и сети Интернет для публикации и преподавания учебных курсов, связанных с математикой [5]. К инструментам математического ЭО относят платформы ЭО и вычислительные инструменты [6]. В работах [6, 7] платформа ЭО определяется как инструмент разработки контента (англ. content development tool, CDT) или виртуальная учебная среда (англ. virtual learning environment, VLE), позволяющая разрабатывать, проводить, администрировать и контролировать учебные курсы. В качестве платформ электронного обучения могут выступать, например, платформы МООК и системы управления обучением (англ. learning management systems, LMS), в том числе с открытым исходным кодом.

К вычислительным инструментам относят любое аппаратное и программное обеспечение, с помощью которого осуществляется ввод, вывод, редактирование и обработка математических данных в числовом, символьном (аналитическом) и графическом видах [6]. Среди вычислительных инструментов, которые могут использоваться при изучении математических дисциплин, выделяют класс систем компьютерной алгебры (англ. computers algebra systems, CAS), например: Maple, Mathematica, Matlab, WolframAlpha и др.

Сведения об эффективности использования CAS в обучении неоднозначны. Так, в работе [8] одним из главных факторов, препятствующих широкому использованию CAS в обучении математике, названо время, затраченное на подготовку учебного контента с помощью CAS. Результаты исследования, проведенного в математических классах израильских школ [9], свидетельствуют об успешном использовании CAS в сочетании с методами саморегулируемого обучения (англ. self

<sup>1</sup> Li C., Lalani F. The COVID-19 pandemic has changed education forever. This is how. Cologne, Switzerland, The World Economic Forum, 29 Apr. 2020 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.weforum.org/agenda/2020/04/coronavirus-education-global-covid19-online-digital-learning> (дата обращения: 30.04.2020).

<sup>2</sup> Qingdao Declaration, 2015: Seize Digital Opportunities, Lead Education Transformation. UNESCO, 2015 [Электронный ресурс]. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000233352> (дата обращения: 30.04.2020).

<sup>3</sup> 6 шагов для перевода дисциплины в онлайн // КНИТУ [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kstu.ru/servlet/contentblob?id=326513> (дата обращения: 21.05.2020).

<sup>4</sup> Преподаватели высказали свое мнение о вынужденном переходе образовательного процесса в онлайн // Минобрнауки России [Электронный ресурс]. URL: [https://www.minobrnauki.gov.ru/ru/press-center/card/?id\\_4=2603&fbclid=IwAR1PXUwRuCTaUDkQVfg2RfpVKmVhSkypKNlx2cx7Y1bUmLGIbStyCGsZSY1](https://www.minobrnauki.gov.ru/ru/press-center/card/?id_4=2603&fbclid=IwAR1PXUwRuCTaUDkQVfg2RfpVKmVhSkypKNlx2cx7Y1bUmLGIbStyCGsZSY1) (дата обращения: 21.05.2020).



regulated learning, SRL). В работе [10] описан положительный опыт применения трех авторских методик обучения математике с использованием CAS. Утверждается, что инструменты для визуализации математических понятий, доступные в CAS (средства для построения графиков поверхностей), позволяют организовать более эффективное обучение студентов бакалавриата, магистратуры и аспирантуры технических университетов [11]. Помимо преимуществ визуализации, CAS обеспечивают возможность проведения математических и статистических экспериментов, что устраняет разрыв между теорией и практикой, способствует развитию критического мышления обучающихся [12].

В качестве виртуальных учебных сред могут быть использованы платформы с открытым исходным кодом. Например, в работе [13] разработана модель обучения математике на основе платформы Xerte Online Toolkits (ХОТ), которая позволяет преподавателю самостоятельно создавать учебный контент, в том числе интерактивный, а также экспортировать созданный контент на образовательные веб-платформы. Модель состоит из трех блоков: мотивация (обосновывает необходимость, академическое и практическое значение); контекст (обеспечивает согласование контента с локальными и глобальными перспективами, индивидуальным опытом); интерактивность (согласует взаимодействие преподавателя, студентов и технологий обучения). Использование платформы ХОТ не исключает подключения к обучению математических пакетов CAS и программ для разработки математического контента, таких как Maple, Mathematica, Matlab, LaTeX и пр. По итогам апробации модели в экспериментальной группе, отмечена в среднем более высокая скорость обратной связи и понимания материала, чем в аудиторной. Успешность применения платформ с открытым исходным кодом в преподавании математических дисциплин подтверждена также в работе [14].

В исследовании [15] описаны результаты применения методики преподавания математических дисциплин при традиционной, смешанной и дистанционной формах обучения. Показано, что ЭО не может полностью заменить аудиторное, однако при смешанной форме студенты, обучающиеся через Интернет, демонстрируют лучшие результаты по отношению к средним показателям (на 12%). Вообще, использование онлайн-материалов при смешанной форме обучения способствуют большей вовлеченности студентов, позволяя им самостоятельно контролировать темп и последовательность обучения, увеличивает время выполнения заданий, уменьшает количество отвлекающих факторов и, в целом, способствует росту успеваемости обучающихся [16-18].

В литературе встречаются сообщения об успешном использовании социальных сетей, в частности Facebook, для преподавания математики онлайн [19].

Для организации ЭО, в том числе в области естественных наук, технологий, инженерии и математики (англ. science, technology, engineering and mathematics, STEM) удобно использовать возможности видеохостингов. Эффективность обучения через демонстрацию видео подтверждена многими работами [20-25]. В целом, к преимуществам использования учебных видео относят повышение эффективности обучения, внимания и мотивации, улучшение навыков обучения и самоконтроля. А к проблемам – затраты времени преподавателя на подготовку видеоматериалов, а также снижение посещаемости занятий [21].

В результате анализа данных четырех МООК-агрегаторов и четырех МООК-платформ нам не удалось выделить курс, полностью пригодный для замены аудиторного обучения по дисциплине «Численные методы», соответствующий образовательной программе и критериям доступности веб-контента. В этой связи в период пандемии COVID-19 (март-май 2020 г.) для обучения студентов КФУ было принято решение использовать сторонние материалы в сочетании с контентом, самостоятельно разработанным преподавателями КФУ, обеспечивающим доступность обучения для всех. В задачи настоящей работы входило исследование возможностей открытых онлайн-платформ для реализации обучения математике студентов бакалавриата.

## Материал и методы исследования

Обучение проводилось с марта по май 2020 года для студентов 3 курса направлений подготовки 01.03.01 Математика (48 человек), 01.03.02 Прикладная математика и информатика (37 человек), 01.03.04 Прикладная математика (22 человека).

Планирование по дисциплине «Численные методы» на 6 семестр обучения для указанных направлений подготовки включает рассмотрение следующих тем (обобщенно): задачи вычислительной алгебры, методы решения систем линейных алгебраических уравнений; итерационные методы решения полной и частичной проблемы собственных значений; методы решения нелинейных уравнений и систем; методы решения краевых задач. Учебным планом предусмотрено по 32 часа лекций и практических работ. Общая нагрузка по предмету составляет 144 часа.

В качестве виртуальной учебной среды и основной платформы обучения была использована социальная сеть ВКонтакте (VK). Для каждого направления подготовки была создана беседа по дисциплине «Численные методы», где происходило основное обсуждение. В процессе проведения занятий подключались платформы Discord, YouTube, HP Reveal.

Режим обучения был согласован с традиционным аудиторным расписанием – 2 пары в неделю (1 лекция, 1 практическое занятие) по 90 минут, включая перерыв 10 минут, в первую смену (с 8:00 до 13:00). Лекции проводились для всего потока (48 человек для направления 01.03.01, 59 человек для направлений 01.03.02 и 01.03.04), практические занятия – в группах от 15 до 22 обучающихся.

Итоговая оценка формировалась по накопительной системе (от 1 до 10 баллов за выполненное задание, до 90 баллов в течение семестра) и включала: баллы, полученные в процессе обсуждения на лекциях; баллы за защиту лабораторных работ; баллы за решение задач на практических занятиях и домашнюю работу; баллы за выполнение контрольных работ. Все оценки выставлялись преподавателем, за исключением контрольных работ для направлений подготовки 01.03.02 и 01.03.04, где использовалась система взаимного оценивания обучающихся. Контрольная работа каждого обучающегося проверялась дважды и сам обучающийся проверял две работы. Совокупный балл складывался из средней оценки, выставленной однокурсниками, и средней оценки качества выполненных проверок, выставленной преподавателем. Обмен выполненными работами и результатами проверки происходил через личные сообщения VK.

Для организации учебного процесса была использована модель обратного дизайна [26]. На первом этапе формировался



список компетенций, которые должны получить обучающиеся после освоения темы. На втором – определялась система оценочных мероприятий, с помощью которых необходимо подтвердить получение запланированных результатов. Третий этап заключался в подборе содержания образования – обучающих материалов, соответствующих заявленным результатам, то есть формируемым компетенциям.

При проведении лекций преподаватели придерживались следующего плана: а) организационный момент (переключки) в беседе по дисциплине; б) изложение нового материала фрагментами по 10-15 минут, конспектирование; в) обсуждение, ответы на вопросы после каждого фрагмента; г) изучение текстового эквивалента (конспекта) всей лекции, ответы на вопросы обучающихся; д) выдача домашнего задания; е) подведение итогов, рефлексивный опрос, оглашение оценок.

Практические занятия проводились по схеме: а) организационный момент (переключки) в беседе по дисциплине; б) краткое объяснение изучаемого метода, формулировка заданий, примеры; в) решение задач и/или выполнение лабораторных работ; г) защита решенных задач и/или лабораторных работ; д) подведение итогов, оглашение оценок.

Контрольные работы выполнялись на практических занятиях в соответствии с планом: а) организационный момент (переключки) в беседе по дисциплине; б) выдача заданий контрольной работы по вариантам, определение системы взаимной проверки контрольных работ (опционно), установление контрольных сроков взаимной проверки (опционно); в) вы-

полнение контрольной работы; г) отправка выполненной работы проверяющим (опционно) и преподавателю.

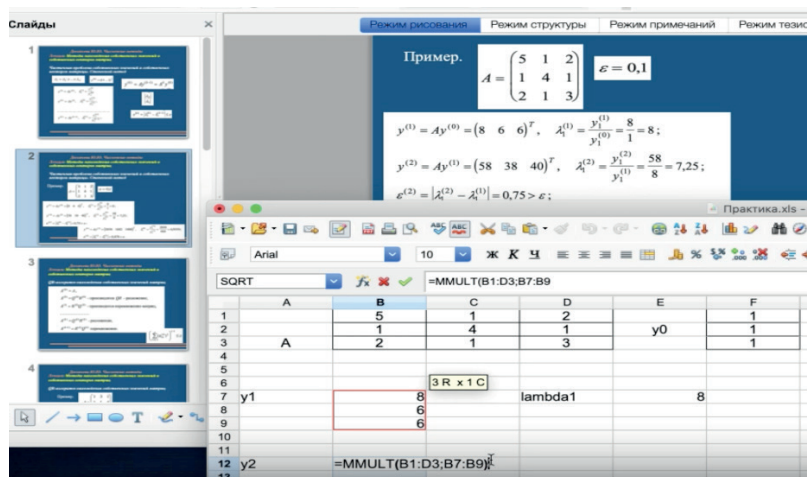
Во время проведения лекций использовались следующие методы подачи учебного материала:

- 1) Для направления 01.03.01 – видео от преподавателя (10-15 минут) с подробным разбором теоретического и практического материала (на листах, маркерной доске, методом скринкаста); текстовый вариант лекции с подробным изложением (конспекты в формате \*.pdf); онлайн-стрим с использованием VK Live (съемка сверху, 20-30 минут); сторонние видеоролики YouTube; презентация лекции с кратким изложением основных моментов (в формате \*.ppt). На последней неделе обучения состоялась экспериментальная лекция на тему «Метод пристрелки для решения краевой задачи», где предлагалось изучить метод на основании сторонних видеороликов YouTube, с одной стороны (2 источника), и видеолекции с подробным объяснением метода от преподавателя, с другой.

Для записи авторских видеолекций использовалось программное обеспечение QuickTime Player.

Временные затраты на подготовку одной 90-минутной лекции с видео от преподавателя (включая разработку педагогического дизайна, запись и редактирование видео, оформление конспекта) составили от 3 до 4 часов<sup>5</sup>.

На рисунке 1 представлен скриншот видеолекции с подробным разбором степенного метода решения частичной проблемы собственных значений.



Р и с. 1. Скриншот видеолекции «Степенной метод решения частичной проблемы собственных значений»

Fig. 1. Screenshot of the video lecture "Power Method for Solving a Partial Problem of Eigenvalues"

Веб-доступность лекций достигалась за счет наличия текстовой версии (конспекта) для видеоконтента, а также возможности вести обсуждение в чате в разных форматах (текстовое сообщение, аудио- или видеосообщение).

- 2) Для направлений 01.03.02 и 01.03.04 – авторские видеоролики YouTube (видео 5-15 минут), выполненные с использованием методов видеоскрайбинга и скринкаста с подробным объяснением (аудиодескрипцией) материала (включая формулы, чертежи и графики) и не-

автоматическими субтитрами; онлайн-стрим в VKLive (съемка сверху, видео 30-45 минут); текстовые эквиваленты лекций (конспекты в формате \*.pdf). В завершение семестра, в качестве эксперимента была проведена лекция на тему «Метод Рунге-Кутты решения задачи Коши», где предлагалось рассмотреть метод с разных сторон, на основании 2 текстовых конспектов и 4 видеисточников, взятых из сторонних образовательных ресурсов.

<sup>5</sup> Qingdao Declaration, 2015: Seize Digital Opportunities, Lead Education Transformation. UNESCO, 2015 [Электронный ресурс]. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000233352> (дата обращения: 30.04.2020).

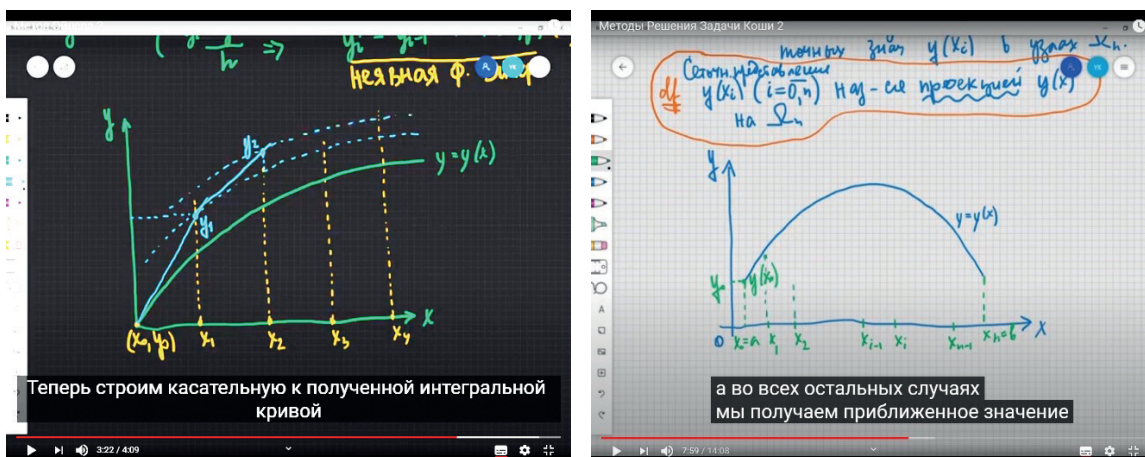


Для записи авторских видеороликов использовались: графический планшет Wacom, программное обеспечение Microsoft® WhiteBoard, Microsoft® XboxGameBar. Субтитры редактировались в «Творческой лаборатории» YouTube. Конспекты лекций разрабатывались в текстовом редакторе MiKTeX (формат \*.pdf). На подготовку одной лекции с использованием авторских видеороликов было затрачено от 3 до 5 часов.

Для настройки контрастности между фоном и передним планом видеолекций использовался онлайн-инструмент WebAIM

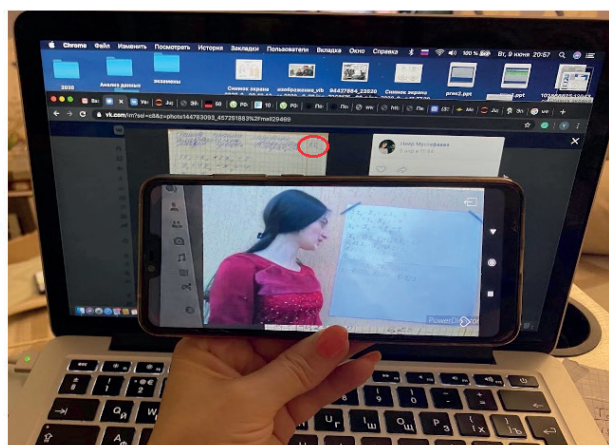
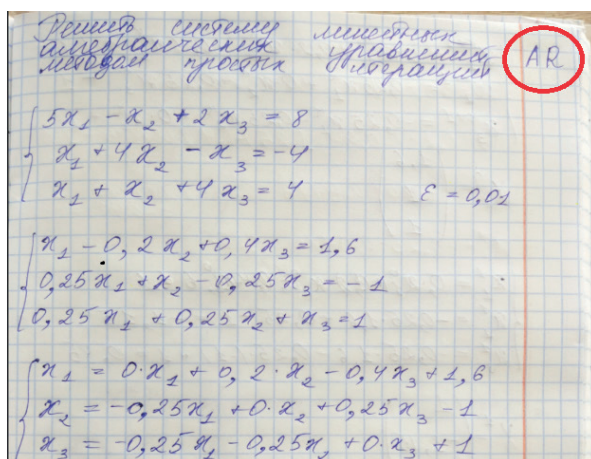
Contrast Checker<sup>6</sup>. Достаточной считалась контрастность не менее 4,5:1, что соответствует требованиям веб-доступности WCAG 2.0<sup>7</sup> и WCAG 2.1<sup>8</sup> (критерий 1.4.3 «Контраст (минимальные требования)»). На рисунке 2 представлены скриншоты видеолекций в разных цветовых гаммах.

Веб-доступность лекций обеспечивалась за счет наличия аудиодескрипции, субтитров и текстового эквивалента (конспекта) видеоматериалов, а также варибельности методов обсуждения в чате.



Р и с. 2. Скриншоты видеоматериалов лекций в разных цветовых гаммах

Fig. 2. Screenshots of video lecture materials in different colors



Р и с. 3. Письменная работа студента с меткой «AR» на полях (слева) и защита работы с использованием приложения HP Reveal (справа)

Fig. 3. Student's written work with AR tag in the margins (left) and work presentation using HP Reveal app (right)

Для проверки компетенций обучающихся на *практических занятиях* использовались следующие методы:

- 1) Направление 01.03.01 – защита практических работ со встроенными элементами дополненной реальности (англ. augmented reality, AR); проверка домашних за-

даний и практических работ в формате фото (\*.jpg или \*.png) или электронных таблиц (\*.xls); совместное решение задач и обсуждение в чатах ВК и Discord.

Задания для практических работ разрабатывались в текстовом формате (\*.doc, \*.pdf) и в виде шаблонов Excel (\*.xls). Де-

<sup>6</sup> WebAIM Contrast Checker [Электронный ресурс]. URL: <https://webaim.org/resources/contrastchecker> (дата обращения: 30.04.2020).

<sup>7</sup> Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0. W3C Recommendation 11 December 2008 // W3C [Электронный ресурс]. URL: <https://www.w3.org/TR/WCAG20> (дата обращения: 30.04.2020).

<sup>8</sup> Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1. W3C Recommendation 05 June 2018 // W3C [Электронный ресурс]. URL: <https://www.w3.org/TR/WCAG21> (дата обращения: 30.04.2020).



монстрация экрана с алгоритмом выполнения задания транслировалась онлайн в Discord.

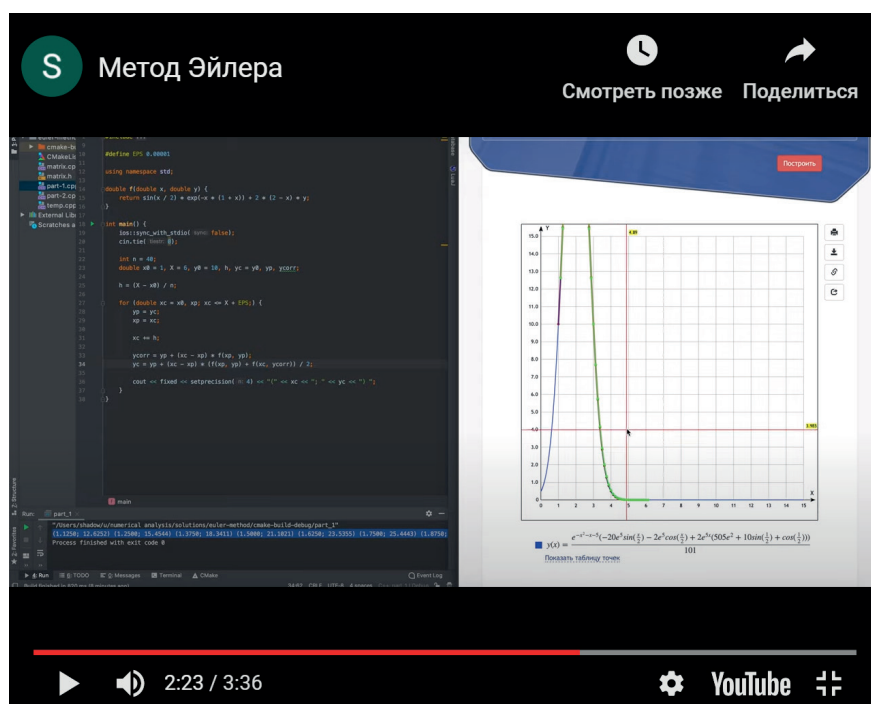
Для подготовки и реализации защиты с элементами AR применялся следующий алгоритм: обучающийся записывал видеопояснение к выполненной работе, сохранял его в виде AR-ауры, связывал полученную ауру с фото своей работы на платформе HP Reveal, после чего делился через приложение HP Reveal гиперссылкой записанной ауры со своим преподавателем. На полях работы делалась пометка «AR», которая сообщала преподавателю, что пояснение к работе можно посмотреть в дополненной реальности. Доступ к файлу защиты осуществлялся путем наведения смартфона на изображение работы студента.

Пример защиты лабораторной работы по теме «Метод простых итераций для решения систем линейных алгебраических уравнений» в AR показан на рисунке 3.

Веб-доступность практических занятий достигалась за счет возможности выбора обучающимися любого удобного формата выполнения и защиты практических работ (решение задач вручную или в Excel, защита с помощью текстового или голосового чата, а также в AR).

- 2) Направления 01.03.02 и 01.03.04 – защита лабораторных работ в формате скринкаста с устным комментированием программного кода и/или с субтитрами (видео 2-5 минут) и последующим обсуждением в беседе ВК по дисциплине; защита лабораторных работ в формате голосового чата на платформе Discord с демонстрацией экрана обучающегося; проверка домашних заданий, присланных в виде письменной работы (фото \*.jpg или \*.png) или электронной таблицы (\*.xls) с последующим обсуждением в личных сообщениях ВК.

Пример видеозащиты в формате скринкаста приведен на рисунке 4.



Р и с. 4. Скриншот видеозащиты лабораторной работы «Метод Эйлера для решения задачи Коши»

Fig. 4. Screenshot of the video presentation of the laboratory-based work "Euler's method for solving the Cauchy problem"

Задания для практических работ разрабатывались в текстовом редакторе MiKTeX (формат \*.pdf). Для проверки правильности работы своих программ обучающиеся применяли онлайн-инструменты CAS, в частности WolframAlfa, и/или процессор электронных таблиц Microsoft® Excel.

Веб-доступность практических занятий обеспечивалась за счет выдачи заданий в доступном формате, возможности выбора предпочтительного стиля защиты (запись или живое общение, голосовое сопровождение или субтитры, рукописный вариант или электронные таблицы) и обсуждения в разных форматах чата.

Для выяснения мнения обучающихся относительно стиля и качества преподавания предмета использовались опросы в ВК. Всего проведено 5 опросов (из них – один анонимный) для направлений подготовки 01.03.02 и 01.03.04, 3 опроса (из них

– один анонимный) – для направления 01.03.01. Каждый опрос был представлен единственным вопросом (одновариантным или многовариантным). Опросы предполагали добровольное участие, объем выборки в разных опросах варьировался в зависимости от активности обучающихся. Для определения отношения студентов направления подготовки 01.03.01 к использованию в обучении технологий AR применялось интервьюирование в голосовом чате Discord.

Для анализа результатов опросов использована программа IBM® SPSS® Statistics 23. Данные обобщены с помощью методов описательной статистики. Взаимосвязь между переменными устанавливалась путем анализа таблиц сопряженности, с помощью точного критерия Фишера (Fisher's exact test) или хи-квадрат критерия (chi-square test). Взаимосвязь считалась подтвержденной при величине уровня значимости  $p < 0,05$ .



Для определения тесноты связи между переменными использованы коэффициенты  $V$  Крамера (Cramér's  $V$ ) или  $\phi$  (phi). Для сравнения результатов проверки контрольных работ в 2019 г. (до пандемии COVID-19) и 2020 г. (во время пандемии) использовался непараметрический критерий Манна-Уитни для двух независимых выборок. Различия в параметрах выборок считались значимыми при величине  $p < 0,05$ .

Сведения об успеваемости обучающихся предоставлены деканом факультета математики и информатики Таврической академии КФУ.

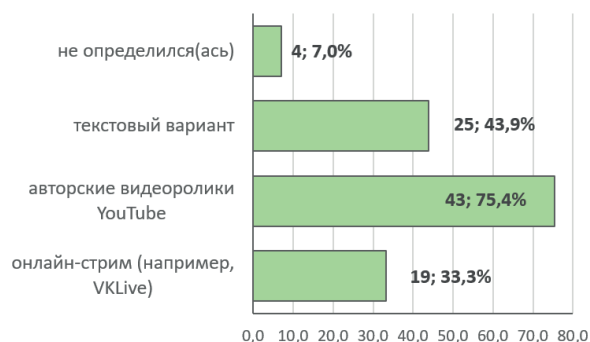
## Результаты

Всего в опросах было задействовано 86 респондентов – 59 обучающихся направлений подготовки 01.03.02 «Информатика» и 01.03.04 «Прикладная математика», что составляет 100% студентов первого потока, 27 обучающихся направления подготовки 01.03.01 «Математика» или 56,25% студентов второго потока. Из опрошенных 45 (52,3%) – юноши, 41 (47,7%) – девушки. 36 (41,9%) обучающихся имели среднюю стартовую успеваемость ниже 3 баллов (долги по предыдущему семестру), успеваемость 19 (22,1%) человек варьировалась от 3 до 4 баллов, 21 (24,4%) обучающихся имели средний балл между «хорошо» и «отлично», 10 (11,6%) человек – круглые отличники.

Из 27 обучающихся направления подготовки 01.03.01 (второй поток): один отличник (3,7%): 6 (22,2%) обучающихся имели средний балл от 4 до 5: 4 (14,8%) – от 3 до 4; 16 (59,3%) – до 3 баллов. Распределение по успеваемости в полной выборке направления 01.03.01 (48 человек) выглядит следующим образом: 5 баллов – 1 (2,1%), от 4 до 5 баллов – 7 (14,6%), от 3 до 4 баллов – 6 (12,5%), менее 3 баллов – 34 (70,8%). Таким образом, в числе респондентов второго потока оказались 11 из 14, то есть 78,6% активных обучающихся, не имеющих академической задолженности.

Первый опрос (с выбором нескольких вариантов ответа, не анонимный, выборка 57 человек, направления подготовки 01.03.02 и 01.03.04) проводился на старте дистанционного обучения с целью определения предпочтительного стиля изло-

жения нового материала. Опросу предшествовало проведение тестовых лекций с использованием форматов: онлайн-стрим, демонстрация авторских видео, текстовый конспект. Результаты распределения ответов показаны на рисунке 5. Оказалось, что три четверти опрошенных предпочитают видеолекции, разработанные преподавателем и размещенные в YouTube.



Р и с. 5. Общее распределение ответов на вопрос «Какой метод подачи лекционного материала Вам больше подходит?» для направлений подготовки 01.03.02 и 01.03.04

Fig. 5. General distribution of answers to the question "Which method of presenting lecture material suits you best?" for areas of training 01.03.02 and 01.03.04

В таблице 1 показано распределение ответов респондентов в зависимости от пола, направления подготовки и успеваемости. Обнаружено и статистически подтверждено, что студенты направления подготовки 01.03.04 чаще предпочитают онлайн-стрим ( $p = 0,006 < 0,05$ ), а 01.03.02 – текстовый вариант лекций ( $p = 0,029 < 0,05$ ).

На основании результатов опроса было принято решение о проведении комбинированных лекций по следующему плану: демонстрация заранее записанных видео, закрепление изученного материала конспектом лекции, вопросы для закрепления и обсуждение нового материала в чате, домашнее задание на реализацию нового метода.

Т а б л и ц а 1. Распределение ответов на вопрос «Какой метод подачи лекционного материала Вам больше подходит?»

Table 1. Distribution of answers to the question "Which method of presenting lecture material suits you best?"

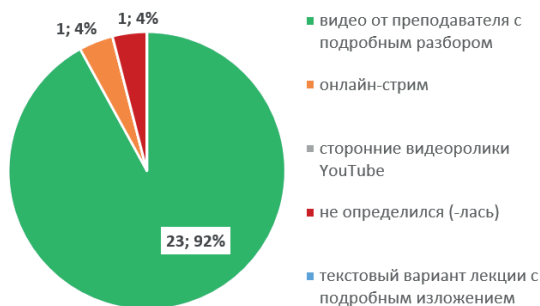
Категории	Всего, $n$ (%)	Опробованные методы подачи лекционного материала								
		онлайн-стрим (например, VKLive)			авторские видеоролики YouTube			текстовый вариант		
		$n$ (%)	$p$	$V/\phi$	$n$ (%)	$p$	$V/\phi$	$n$ (%)	$p$	$V/\phi$
<b>Пол</b>										
Мужской	38 (64,4)	10 (26,3)	0,566	-0,074	20 (52,6)	0,712	0,048	13 (34,2)	0,783	-0,039
Женский	21 (35,6)	7 (33,3)			10 (47,6)			8 (38,1)		
<b>Направление подготовки</b>										
01.03.02	37 (62,7)	6 (16,2)	0,006*	-0,361	21 (56,8)	0,182	0,153	17 (45,9)	0,029	0,280
01.03.04	22 (37,3)	11 (50,0)			9 (40,9)			4 (18,2)		
<b>Успеваемость</b>										
< 3 баллов	20 (33,9)	8 (40,0)	0,314	0,237	8 (40,0)	0,250	0,262	5 (25,0)	0,673	0,162
≥ 3, но < 4 баллов	15 (25,4)	5 (23,3)			6 (40,0)			6 (40,0)		
≥ 4, но < 5 баллов	15 (25,4)	3 (20,0)			10 (66,7)			6 (40,0)		
5 баллов	9 (15,3)	1 (11,1)			6 (66,7)			4 (44,4)		

\* в этой и последующих таблицах выделены ячейки, в которых значение  $p < 0,05$



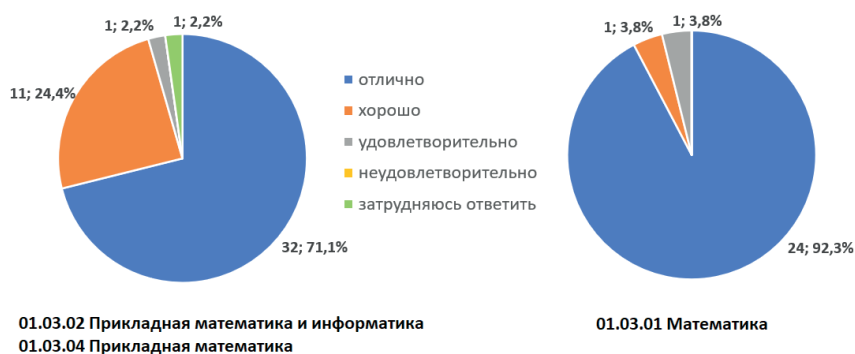


Аналогичный вопрос был задан студентам второго потока (опрос не анонимный, с выбором нескольких вариантов ответа, 25 человек, направление подготовки 01.03.01). Результаты распределения частот, представленные на рисунке 6, согласуются с итогами опроса первого потока в выборе самого удобного способа изложения лекций. Подавляющее большинство обучающихся (23; 92,0%) предпочитают видеолекции, разработанные преподавателем, с подробно разобранным учебным материалом. При анализе таблиц сопряженности не было выявлено зависимости ответов респондентов от пола ( $p = 0,176 > 0,05$ ) и успеваемости ( $p = 0,646 > 0,05$ ).



Р и с. 6. Распределение ответов на вопрос «Какой метод подачи лекционного материала Вам больше подходит?» для направления подготовки 01.03.01

Fig. 6. Distribution of answers to the question "Which method of presenting lecture material suits you best?" for areas of training 01.03.01



Р и с. 7. Распределение ответов на вопрос «Оцените качество преподавания дисциплины «Численные методы»»  
Fig. 7. Distribution of answers to the question "Assess the quality of teaching the discipline "Numerical Methods "

Т а б л и ц а 2. Распределение ответов на вопрос «Какой вариант проведения лекций Вам больше импонирует?»  
Table 2. Distribution of answers to the question "Which version of conducting lectures appeals to you more?"

Категории	Всего, n (%)	Варианты проведения лекций		p	V/φ
		разные источники, разные типы изложения и контента	основной источник - видео, разработанное преподавателем, плюс конспект		
Пол					
Мужской	26 (42,6)	7 (26,9)	19 (73,1)	0,020	0,296
Женский	35 (57,4)	2 (5,7)	33 (94,3)		
Поток					
01.03.01	23 (37,7)	0 (0,0)	23 (100,0)	0,011	-0,324
01.03.02 и 01.03.04	38 (62,3)	9 (23,7)	29 (76,3)		
Успеваемость					
< 3 баллов	25 (41,0)	4 (16,0)	21 (84,0)	0,650	0,160
≥ 3, но < 4 баллов	13 (21,3)	3 (23,1)	10 (76,9)		
≥ 4, но < 5 баллов	15 (24,6)	1 (6,7)	14 (93,3)		
5 баллов	8 (13,1)	1 (12,5)	7 (87,5)		



Обратная связь еще раз подтвердила, что студенты предпочитают изучать материал в процессе просмотра видео от преподавателя. 23 (100%) опрошенных направления подготовки 01.03.01 и три четверти (29; 76,3%) респондентов направлений подготовки 01.03.02 и 01.03.04 проголосовали за метод проведения лекций, где преподаватель самостоятельно разрабатывает учебный видеоконтент.

Из данных таблицы 2 можно увидеть, что приоритет выбора авторского видео, разработанного преподавателем, перед сторонними источниками не зависит от успеваемости, но зависит от пола (девушки чаще, чем юноши, предпочитают видео, разработанное преподавателем) и потока, на котором читались лекции (студенты направления подготовки 01.03.01 чаще выбирают авторские лекции).

В одной из трех академических групп направления подготовки 01.03.01 был проведен эксперимент по использованию элементов дополненной реальности в обучении. В результате устного интервьюирования в голосовом чате (всего опрошено 8 человек) было зафиксировано, что для 6 (75,0%) обучающихся использование технологии AR оказалось новым интересным опытом; 7 (87,5%) человек – с энтузиазмом отнеслись к воз-

можности сопровождения практических работ с помощью элементов AR; 2 (25,0%) – указали на трудности, связанные с освоением новой технологии (несовместимость операционной системы телефона с приложением HP Reveal, необходимость прикладывать усилия для освоения новой технологии); 50,0% – отметили удобство применения технологии AR для демонстрации наиболее сложных фрагментов лекции.

При защите лабораторных работ студентам было предложено выбрать наиболее удобный метод. По результатам опроса (несколько вариантов ответа, не анонимный, 48 человек, направления подготовки 01.03.02 и 01.03.04), 31 (64,6%) обучающихся отметили удобство защиты в формате видеозаписи (скринкаста с устным комментированием), 23 (47,9%) – отдали предпочтение Discord, 10 (20,8%) – высказались в пользу видеозаписи с субтитрами. Вариант «не подходит ни один из перечисленных методов» не выбрал никто. В результате анализа парных распределений установлено, что отличники и неуспевающие чаще предпочитают защиту в Discord, а студенты, имеющие средний балл «3», выбирают защиту в формате скринкаста с субтитрами, равно как студенты направления 01.03.04 (Таблица 3).

Таблица 3. Парное распределение ответов на вопрос «Какой метод защиты лабораторных работ Вам больше подходит?»  
Table 3. Matching distribution of answers to the question "Which method of laboratory work presentation suits you best?"

Категории	Всего, n (%)	Опробованные методы защиты лабораторных работ								
		скринкаст с устным комментированием			демонстрация с устным комментированием в Discord			скринкаст с субтитрами		
		n (%)	p	V/φ	n (%)	p	V/φ	n (%)	p	V/φ
Пол										
Мужской	38 (64,4)	18 (47,4)	0,284	-0,139	17 (44,7)	0,273	0,159	5 (13,2)	0,306	-0,136
Женский	21 (35,6)	13 (61,9)			6 (28,6)			5 (23,8)		
Направления подготовки										
01.03.02	37 (62,7)	22 (59,5)	0,168	0,180	14 (37,8)	0,515	-0,03	3 (8,1)	0,025	-0,306
01.03.04	22 (37,3)	9 (40,9)			9 (40,9)			7 (31,8)		
Успеваемость										
< 3 баллов	20 (33,9)	7 (35,0)	0,154	0,294	10 (50,0)	0,008	0,448	4 (20,0)	0,04	0,326
≥ 3, но < 4 баллов	15 (25,4)	8 (53,3)			2 (13,3)			5 (33,3)		
≥ 4, но < 5 баллов	15 (25,4)	11 (73,3)			4 (26,7)			0 (0,0)		
5 баллов	9 (15,3)	5 (55,6)			7 (77,8)			1 (11,1)		

В процессе анализа данных описательной статистики возникло предположение о возможной взаимосвязи между предпочитаемыми форматами лекций и выбором метода защиты лабораторных работ. Установлено, что обучающиеся, признающие преимущество метода подачи лекций через авторские видеоролики, чаще выбирают скринкаст с устным комментированием для защиты своих лабораторных работ (21 из 30 опрошенных; 67,7%). Средняя оценка на экзамене в этой категории обучающихся составила  $\bar{a} = 3,86$  балла, что на 0,22 балла выше, чем средняя оценка по всему потоку ( $\bar{a} = 3,64$ ). Существует и обратная тенденция – если студенту не подходят видеолекции YouTube от преподавателя, то ему, скорее всего, не подойдет и вариант озвученного скринкаста для защиты (19 из 29 опрошенных; 67,9%). Средняя экзаменационная оценка таких студентов  $\bar{a} = 2,95$ , на 0,69 балла ниже, чем средняя по потоку. Результаты обратной связи по методике взаимного оценивания контрольных работ оказались противоречивы (опрос не анонимный, с выбором одного варианта ответа, выборка 39 человек). Большинство обучающихся (26; 66,7%) выбрали вари-

ант «оба метода проверки одинаково хорошо работают». Среди опрошенных присутствовали и приверженцы новой методики, которые считают, что «метод взаимной проверки дает более объективную оценку знаний, чем традиционный метод» (4; 10,3%), и противники, отметившие вариант «считаю метод взаимной проверки некорректным, правильней доверить проверку преподавателю» (9; 23,1%). Ни один человек не выбрал опцию «в каждом методе есть слабые стороны». Обучающиеся, критикующие метод взаимной проверки, оставили свои соображения в комментариях к опросу, в частности: «В команде/коллективе всегда присутствует зависимость» (Евгений); «Существует вероятность, что человек не выполнит задание и проверяющий потеряет баллы из-за этого» (Амет); «Не всегда проверяют оба проверяющих, и в итоге – оценка не объективна» (Никита). Исходя из данных таблицы 4, можно сделать вывод о наличии связи между полом и скептическим отношением к методу взаимной проверки: юноши, в отличие от девушек, высказали критику в отношении такого способа оценивания. В свою очередь, девушки чаще склонны лояльно относиться к обоим методам.



Таблица 4. Парное распределение ответов на вопрос «Оцените методы проверки контрольных работ»  
Table 4. Matching distribution of answers to the question "Evaluate the methods of checking control papers"

Категории	Всего, <i>n</i> (%)	Оценка методов проверки контрольных работ			<i>p</i>	V/φ
		Оба метода одинаково хорошо работают	Считаю метод взаимной проверки не совсем корректным, правильной доверить проверку преподавателю	Метод взаимной проверки дает более объективную оценку знаний, чем традиционный метод		
Пол						
Мужской	23 (59,0)	12 (52,2)	9 (39,1)	2 (8,7)	0,003	0,457
Женский	16 (41,0)	14 (87,5)	0 (0,0)	2 (12,5)		
Направление подготовки						
01.03.02	28 (71,8)	18 (64,3)	7 (25,0)	3 (10,7)	0,873	0,082
01.03.04	11 (28,2)	8 (72,7)	2 (18,2)	1 (9,1)		
Успеваемость						
< 3 баллов	10 (25,6)	5 (50,0)	3 (30,0)	2 (20,0)	0,387	0,259
≥ 3, но < 4 баллов	9 (23,1)	6 (66,7)	3 (33,3)	0 (0,0)		
≥ 4, но < 5 баллов	13 (33,3)	11 (84,6)	1 (7,7)	1 (7,7)		
5 баллов	7 (17,9)	4 (57,1)	2 (28,6)	1 (14,3)		

Таблица 5. Сравнение результатов контрольных работ, проведенных в аудиторном (2019 г.) и онлайн (2020 г.) режимах  
Table 5. Comparison of the results of tests carried out in classroom (2019) and online (2020) modes

Статистические показатели	Контрольная работа №1		Контрольная работа №2	
	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.
Количество студентов ( <i>n</i> )	13	42	14	34
Минимальный балл ( <i>min</i> )	2	1	4	3
Максимальный балл ( <i>max</i> )	10	10	10	10
Медиана ( <i>m</i> )	7	10	8	10
Среднее значение ( <i>d</i> )	6,77	9,29	7,14	9,08
Стандартное отклонение ( <i>σ</i> )	2,98	1,49	1,94	2,18
Прирост успеваемости в среднем, %	37,22 ( <i>p</i> = 0,003)		27,17 ( <i>p</i> = 0,001)	

При сравнении результатов проверки двух контрольных работ в 2019 г. (аудиторное обучение, оценка преподавателем) и 2020 г. (онлайн обучение, взаимная оценка студентами) обнаружилось статистически значимые различия (Таблица 5). Успеваемость студентов в 2020 г. по результатам контрольных работ оказалась выше, чем в 2019 г. в среднем на 32,2%. На основании выборочных проверок, выполненных преподавателем, можно сделать вывод о достоверности полученных результатов. Однако, следует отметить ограничения метода, связанные с отсутствием контроля за списыванием, использованием литературы и интернет-источников.

## Обсуждение

Современные формы ЭО обеспечивают доступ к материалам различного формата – текстовым, графическим и мультимедийным, позволяют студентам учиться в индивидуальном темпе, использовать обратную связь для мониторинга собственного продвижения в обучении, содержат инструменты для массовой и индивидуальной оценки учебных достижений, включая взаимную оценку, что делает возможным масштабирование обучения для большего числа обучающихся [27]. Использование ЭО по математическим дисциплинам в университете способствует увлеченности студентов и может оказать положительное влияние на успеваемость [27].

В результате проведенного нами исследования разработан дидактический подход к ЭО на базе социальной сети ВК, который в полной мере соответствует приведенным характе-

ристикам. Успешность реализации обучения подтверждается результатами опросов обучающихся. Зафиксирован общий рост успеваемости для направлений подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, 01.03.04 Прикладная математика в среднем на 32,2% по сравнению с прошлыми курсами аудиторного обучения. Полученные данные в целом согласуются с результатами предыдущих исследований. Так, авторы работ [6, 13] продемонстрировали успешность ЭО по математическим дисциплинам при условии педагогически выверенного сочетания возможностей CAS, образовательных платформ и интерактивных дидактических методов. При этом в среде ЭО студент должен иметь возможность давать полноценную обратную связь, в том числе в виде математических формул и построений, что не всегда возможно на платформах онлайн-образования ввиду ограниченности функционала [6]. В предложенном нами методическом подходе обратная связь реализуется посредством обсуждения в текстовых и голосовых чатах, видеозащиты программного кода лабораторных работ, демонстрации результатов выполненных заданий в рукописном (фото) или печатном форматах, в виде скриншотов или видеопояснений, в том числе с элементами дополненной реальности. Для проверки правильности выполненных заданий со стороны как студента, так и преподавателя используются бесплатные онлайн-сервисы CAS, например, WolframAlfa. Основным типом образовательного контента является авторская видеолекция. Подавляющее большинство обучающихся (83,7% в среднем) предпочли такой способ подачи учебного материала. Данные о преимуществах видеодемонстрации при



организации ЭО содержатся во многих работах. В частности, в исследовании [28] показано, что успеваемость студентов, обучавшихся с использованием авторских роликов YouTube, выше, чем у обучающихся предыдущих курсов, где метод видеодемонстрации не применялся; использование видеоаннотаций (комментариев к видеолекции) способствует повышению концентрации на критически важных частях учебного материала [20]; интерактивные видео, как минимум, сопоставимы с печатными учебными материалами по эффективности [22]; видеоматериалы способствуют эмоциональной вовлеченности обучающихся и концептуальному обучению [23]; просмотр видеопримеров в курсах по техническим дисциплинам с возможностью паузы и перемотки индивидуализирует обучение, позволяет улучшить понимание материала и, как следствие, знания студентов [25].

Нам не удалось обнаружить в литературе сведений об использовании социальной сети ВК в качестве VLE для преподавания математических дисциплин, однако в отношении некоторых других социальных сетей данные есть. Преимущество использования социальной сети в качестве VLE заключается в том, что обучающиеся уже зарегистрированы в сети и свободно ориентируются в привычном окружении [18, 19]. В работах [19, 29] описано успешное использование Facebook в качестве VLE, в том числе в процессе преподавания математики [19].

Метод взаимной оценки нередко используется в MOOK для масштабирования обучения на большое число обучающихся [30, 31]. Нами была предпринята попытка применить метод взаимной оценки к сравнительно малым группам из 10-15 человек. Результаты взаимной оценки оказались выше, чем при традиционном контроле преподавателем, что согласуется с данными предыдущих исследований [32], однако можно предположить меньшую объективность оценок по следующим причинам: проверка не была анонимной – знание автора работы могло оказать влияние на результат [33]; проверяющие имели разный уровень компетенций в области взаимной оценки и знаний по предмету – проверка, выполненная обучающимся с низким уровнем компетенций, могла оказаться менее корректной [34]; каждая работа проверялась дважды – для большей объективности требуется больше проверок (рекомендовано 4-5 [30]); отсутствовал контроль самостоятельности выполнения работ. Несмотря на указанные ограничения, опыт включения взаимной оценки в ЭО по дисциплине «Численные методы» считаем в целом положительным. Известно, что обучение взаимному анализу и самооценке по математическим дисциплинам помогает студентам овладеть самообразованием и может быть полезным для проведения непрерывной и формирующей оценки в студенческой группе [35, 36]; в результате оценки одногруппников и самооценки обучающийся получает больше образовательных преимуществ, чем без использования этих методов [37]. В работе [32] на основании анализа результатов 54 исследований, было обнаружено, что взаимная оценка улучшает показатели успеваемости по сравнению с оценкой преподавателя, показана устойчивость результатов взаимной оценки в автономном режиме и онлайн, а также в других контекстах, что подтверждает эффективность взаимной оценки как практики формирующего оценивания.

Для обеспечения интерактивности обучения и повышения мотивации студентов в учебном процессе были использованы технологии AR на базе онлайн-инструмента и мобильного приложения HP Reveal. В литературе встречаются данные о

применении AR-технологий в обучении математике и техническим дисциплинам. Так, предметом работ [38-40] является разработка мобильных приложений, позволяющих генерировать 3D-модели математических объектов (объемных геометрических фигур) на основании двумерных изображений (меток) в средах Unity, Vuforia и Sketchup. Преимуществом нашего подхода по сравнению с указанным является использование AR-технологий, не требующих от студентов и преподавателя специальной подготовки и навыков программирования, что немаловажно в условиях экстренного перехода на обучение онлайн.

Обеспечение доступности STEM-контента для лиц с ОВЗ требует больше усилий со стороны разработчика, так как предполагает работу с научной нотацией, чертежами и построениями [41]. При разработке доступного математического веб-контента необходимо руководствоваться актуальными рекомендациями веб-доступности WCAG 2.0 и 2.1 [3, 4, 41]. Доступность образовательного веб-контента в предложенных нами методических подходах обеспечивалась за счет мультимедийного изложения нового материала (видеолекция с аудиодескрипцией, субтитрами и текстовым эквивалентом) и возможности выбора способа обратной связи (фотография письменной работы, видеофайл с демонстрацией и объяснением в виде устных комментариев и субтитров, файл выполненных заданий в Excel, текстовый, аудио- и видеочат).

Среди студентов, принявших участие в обучении, не были выявлены лица с ОВЗ, поэтому оценка веб-доступности учебных материалов носит скорее теоретический характер. Эксперимент по масштабированию разработанных дидактических методик и проверке веб-доступности образовательного контента на группах обучающихся с ОВЗ является предметом дальнейших исследований.

При аудиторном обучении на подготовку к лекции уходит до 2 астрономических часов. Для сравнения, время разработки материалов лекций в ЭО составило от 3 до 5 астрономических часов. Указанные нормативы времени рассчитаны на подготовку преподавателей, которые читают лекцию не в первый раз и имеют в своем распоряжении рабочий конспект. Готовый продукт (конспект, видеоролики, вопросы для обсуждения, домашнее задание) может быть, как минимум, использован повторно для следующих потоков обучающихся и, как максимум, масштабирован в онлайн-среде для массового обучения.

В результате анализа результатов исследования мы пришли к выводу, что разработанные дидактические подходы могут быть объединены в одну модель и трансформированы в формат MOOK. С учетом уже разработанных материалов новый MOOK может быть подготовлен и протестирован в течение нескольких месяцев интенсивной работы двух преподавателей и группы бета-тестировщиков из числа обучающихся. Материалы MOOK могут быть использованы, в том числе, для смешанного обучения.

## Заключение

В результате вынужденного эксперимента по переходу в режим ЭО с использованием ДОТ в период пандемии COVID-19 разработана модель ЭО на базе социальной сети ВК, в рамках которой прошел апробацию методический подход к преподаванию математики на примере дисциплины «Численные методы» для направлений подготовки 01.03.01 Математика,



01.03.02 Прикладная математика и информатика, 01.03.04 Прикладная математика. Продуктивность разработанной модели ЭО подтверждена результатами опросов обучающихся и ростом успеваемости, зарегистрированным по итогам контрольных работ.

Подтверждено, что для организации ЭО по математическим дисциплинам при планировании учебного процесса, подготовке учебных материалов и контрольных мероприятий преподавателю необходимо придерживаться принципов интерактивного обучения и мультимодальности, а также требований веб-доступности. Наилучшим методом изложения нового материала признана студентами авторская видеолекция-скринкаст в сопровождении субтитров, подробных пояснений лектора (аудиоописания) и текстового аналога (конспекта или стенограммы).

Новая модель ЭО может быть перенесена в формат MOOK без существенных логических изменений и временных затрат.

### Список использованных источников

- [1] Рощина, Я. М. Спрос на массовые открытые онлайн-курсы (MOOK) опыт российского образования / Я. М. Рощина, С. Ю. Рошин, В. Н. Рудаков. – DOI 10.17323/1814-9545-2018-1-174-199 // Вопросы образования. – 2018. – № 1. – С. 174-199. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=34913957> (дата обращения: 14.02.2020). – Рез. англ.
- [2] Захарова, У. С. MOOK в высшем образовании: достоинства и недостатки для преподавателей / У. С. Захарова, К. И. Танасенко. – DOI 10.17323/1814-9545-2019-3-176-202 // Вопросы образования. – 2019. – № 3. – С. 176-202. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39555190> (дата обращения: 14.02.2020). – Рез. англ.
- [3] Косова, Е. А. Анализ веб-доступности массовых открытых онлайн-курсов по математическим дисциплинам / Е. А. Косова, М. Ю. Халилова. – DOI 10.31992/0869-3617-2019-28-10-157-166 // Высшее образование в России. – 2019. – Т. 28, № 10. – С. 157-166. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41214790> (дата обращения: 14.02.2020). – Рез. англ.
- [4] Косова, Е. А. Доступность массовых открытых онлайн-курсов по математике для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья / Е. А. Косова, М. Ю. Изетова. – DOI 10.17323/1814-9545-2020-1-205-229 // Вопросы образования. – 2020. – № 1. – С. 205-229. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42744442> (дата обращения: 14.02.2020). – Рез. англ.
- [5] Juan, Á. A. Mathematical e-learning [preface to online dossier] / A. A. Juan, M. A. Huertas, H. Cuypers, B. Loch // RUSC. Universities and Knowledge Society Journal. – 2012. – Vol. 9, No 1. – Pp. 278-283. – URL: <http://rusc.uoc.edu/rusc/ca/index.php/rusc/article/download/v9n1-aprendizaje-virtual-matematicas/1431-3070-1-PB.pdf> (дата обращения: 14.02.2020).
- [6] Akugizibwe, E. Perspectives for effective integration of e-learning tools in university mathematics instruction for developing countries / E. Akugizibwe, J. Yo. Ahn. – DOI 10.1007/s10639-019-09995-z // Education and Information Technologies. – 2020. – Vol. 25, issue 2. – Pp. 889-903. – URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10639-019-09995-z> (дата обращения: 14.02.2020).
- [7] Dodun, O. Analysis of an E-learning Platform use by Means of the Axiomatic Design / O. Dodun, E. Panaite, N. Seghedini, G. Nagîd, P. Dusa, G. Neşţian, L. Slătineanu. – DOI 10.1016/j.procir.2015.07.059 // Procedia CIRP. – 2015. – Vol. 34. – Pp. 244-249. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827115008185> (дата обращения: 14.02.2020).
- [8] Buteau, C. On Integration of Computer Algebra Systems (CAS) by Canadian Mathematics: Results of National Survey / C. Buteau, D. H. Jarvis, Z. Lavicza. – DOI 10.1080/14926156.2014.874614 // Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education. – 2014. – Vol. 14, issue 1. – Pp. 35-57. – URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14926156.2014.874614> (дата обращения: 14.02.2020).
- [9] Kramarski, B. Using computer algebra systems in mathematical classrooms / B. Kramarski, C. Hirsch. – DOI 10.1046/j.0266-4909.2003.00004.x // Journal of Computer Assisted Learning. – 2003. – Vol. 19, issue 1. – Pp. 35-45. – URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1046/j.0266-4909.2003.00004.x> (дата обращения: 14.02.2020).
- [10] Kendal, M. The Influence of a Computer Algebra Environment on Teachers' Practice / M. Kendal, K. Stacey, R. Pierce. – DOI 10.1007/0-387-23435-7\_5 // The Didactical Challenge of Symbolic Calculators. Mathematics Education Library; D. Guin, K. Ruthven, L. Trouche (ed.). Springer, Boston, MA. – 2005. – Vol. 36. – Pp. 83-112. – URL: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/0-387-23435-7\\_5](https://link.springer.com/chapter/10.1007/0-387-23435-7_5) (дата обращения: 14.02.2020).
- [11] Sankar, D. S. Some Effective Methods for Teaching Mathematics Courses in Technological Universities / D. S. Sankar, R. R. Karri // International Journal of Education and Information Studies. – 2016. – Vol. 6, No. 1. – Pp. 11-18. – URL: [https://www.ripublication.com/ijeis16/ijeisv6n1\\_03.pdf](https://www.ripublication.com/ijeis16/ijeisv6n1_03.pdf) (дата обращения: 14.02.2020).
- [12] Álvarez, D. Maths: from distance to e-learning / D. Álvarez, D. Moreno, P. Orduna, V. Pascual, F. J. San Vicente. – DOI 10.9781/ijimai.2015.341 // International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence. Special Issue on Teaching Mathematics Using New and Classic Tools. – 2015. – Vol. 3, issue 4. – Pp. 5-12. – URL: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5574290.pdf> (дата обращения: 14.02.2020).
- [13] Ahn, J. Yo. An e-Learning Model for Teaching Mathematics on an Open Source Learning Platform / J. Yo. Ahn, A. Edwin. – DOI 10.19173/irrodl.v19i5.3733 // The International Review of Research in Open and Distributed Learning. – 2018. – Vol. 19, issue 5. – Pp. 255-267. – URL: <http://www.irrodl.org/index.php/irrodl/article/view/3733> (дата обращения: 14.02.2020).
- [14] Canoy, J. C. D. Student-Centered e-Learning Course in Mathematics Utilizing an Open Source Learning Management System / J. C. D. Canoy, A. T. Buan, M. E. Lahoylahoy, D. D. Dinawanao. – DOI 10.13140/RG.2.2.12953.47203 // Learning Science and Mathematics Together (LeSMaT) in a Borderless World using Technology; Ng Khar Thoe, Devadason Robert Peter, Lay Yoon Fah (ed.). – Ch. 2. – Pp. 13-30. – SEAMEO RECSAM, Penang, Malaysia, 2016.
- [15] Yanuschik, O. V. E-learning as a Way to Improve the Quality of Educational for International Students / O. V.



- Yanuschik, E. G. Pakhomova, K. Batbold. – DOI 10.1016/j.sbspro.2015.11.607 // *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. – 2015. – Vol. 215. – Pp. 147-155. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042815059625> (дата обращения: 14.02.2020).
- [16] Owen, H. Reflections on the Use of Iterative, Agile and Collaborative Approaches for Blended Flipped Learning Development / H. Owen, N. Dunham. – DOI 10.3390/educsci5020085 // *Education Sciences*. – 2015. – Vol. 5, issue 2. – Pp. 85-103. – URL: <https://www.mdpi.com/2227-7102/5/2/85> (дата обращения: 14.02.2020).
- [17] Smith, J. G. Embedded blended learning within an Algebra classroom: a multimedia capture experiment / J. G. Smith, S. Suzuki. – DOI 10.1111/jcal.12083 // *Journal of Computer Assisted Learning*. – 2015. – Vol. 31, issue 2. – Pp. 133-147. – URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jcal.12083> (дата обращения: 14.02.2020).
- [18] Borba, M. C. Blended learning, e-learning and mobile learning in mathematics education / M. C. Borba, P. Askar, J. Engelbrecht, G. Gadanidis, S. Llinares, M. S. Aguilar. – DOI 10.1007/s11858-016-0798-4 // *ZDM Mathematics Education*. – 2016. – Vol. 48, issue 5. – Pp. 589-610. – URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11858-016-0798-4> (дата обращения: 14.02.2020).
- [19] Borba, M. C. Phases of digital technologies in mathematics education: the classroom and the Internet in motion / M. C. Borba, R. R. S. Scucuglia, G. Gadanidis. 1st ed. – Belo Horizonte: Autêntica, 2014.
- [20] Chiu, P. S. A video annotation learning approach to improve the effects of video learning / P. S. Chiu, H. C. Chen, Y. M. Huang, C. J. Liu, M. C. Liu, M. H. Shen. – DOI 10.1080/14703297.2016.1213653 // *Innovations in Education and Teaching International*. – 2018. – Vol. 55, issue 4. – Pp. 459-469. – URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14703297.2016.1213653> (дата обращения: 14.02.2020).
- [21] Mosley, P. L. Lecture Video: Characteristics and Utilizations as an Online Learning Resource / P. L. Mosley. – DOI 10.1021/bk-2017-1261.ch008 // *Online Approaches to Chemical Education*; P. M. Sørensen, D. A. Canelas (ed.). American Chemical Society. – 2017. – Vol. 1261. – Pp. 91-100. – URL: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/bk-2017-1261.ch008> (дата обращения: 14.02.2020).
- [22] Merkt, M. Learning with videos vs. learning with print: The role of interactive features / M. Merkt, S. Weigand, A. Heier, S. Schwan. – DOI 10.1016/j.learninstruc.2011.03.004 // *Learning and Instruction*. – 2011. – Vol. 21, issue 6. – Pp. 687-704. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959475211000247> (дата обращения: 14.02.2020).
- [23] Abulencia, J. P. Using Video Media to Enhance Conceptual Learning in an Undergraduate Thermodynamics Course / J. P. Abulencia, M. A. Vigeant, D. L. Silverstein // *Proc. 2012 Am. Soc. Eng. Educ. Annu. Conf. Expo.*, 2013. – URL: <https://www.asee.org/public/conferences/8/papers/3990/download> (дата обращения: 14.02.2020).
- [24] Jackman, W. M. YouTube Usage in the University Classroom: An Argument for its Pedagogical Benefits / W. M. Jackman. – DOI 10.3991/ijet.v14i09.10475 // *International Journal of Emerging Technologies in Learning*. – 2019. – Vol. 14, No. 09. – Pp. 157. – URL: <https://online-journals.org/index.php/i-jet/article/view/10475> (дата обращения: 14.02.2020).
- [25] Barns, S. Worked Example Videos as a Valuable Blended Learning Resource in Undergraduate Engineering Units / S. Barns, E. Pickering, L. Dawes // *Proceedings of the 28th Annual Conference of the Australasian Association for Engineering Education (AAEE 2017)* / N. Tse, N. Huda, G. Town, D. Inglis (ed.). School of Engineering, Macquarie University, Australia, 2017. – Pp. 1093-1100. – URL: <https://eprints.qut.edu.au/115403> (дата обращения: 14.02.2020).
- [26] Wiggins, G. *Understanding By Design* / G. Wiggins, L. McTighe. – Assn. for Supervision & Curriculum Development, 2nd Expanded edition, 2005.
- [27] Silverman, J. *Distance Learning, E-Learning and Blended Learning in Mathematics Education* / J. Silverman, V. Hoyos (ed.). – DOI 10.1007/978-3-319-90790-1 // *ICME-13 Monographs*. Springer, Cham, 2018. – URL: <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-319-90790-1> (дата обращения: 14.02.2020).
- [28] Davila-Guzman, N. E. Educational Content Development to Enhance STEM Learning / N. E. Davila-Guzman, N. Tiempos, M. L. Maya-Treviño, A. I. Sanchez-Vazquez, F. Cerino. – DOI 10.3991/ijet.v14i21.11021 // *International Journal of Emerging Technologies in Learning*. – 2019. – Vol. 14, No. 21. – Pp. 235-242. – URL: <https://online-journals.org/index.php/i-jet/article/view/11021> (дата обращения: 14.02.2020).
- [29] Kalelioğlu, F. Using Facebook as a Learning Management System: Experiences of Pre-service Teachers / F. Kalelioğlu. – DOI 10.15388/infedu.2017.05 // *Informatics in Education*. – 2017. – Vol. 16, No. 1. – Pp. 83-101. – URL: <https://infedu.vu.lt/journal/INFEDU/article/71> (дата обращения: 14.02.2020).
- [30] Ventista, O. M. Self-assessment in Massive Open Online Courses / O. M. Ventista. – DOI 10.1177/2042753018784950 // *E-Learning and Digital Media*. – 2018. – Vol. 15, issue 4. – Pp. 165-175. – URL: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/2042753018784950> (дата обращения: 14.02.2020).
- [31] Haddadi, L. Peer assessment and groups formation in massive open online courses / L. Haddadi, F. Bouarab-Dahmani, N. Guin, T. Berkane, S. Lazib. – DOI 10.1002/cae.22005 // *Computer Applications in Engineering Education*. – 2018. – Vol. 26, issue 5. – Pp. 1873-1887. – URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/cae.22005> (дата обращения: 14.02.2020).
- [32] Double, K. S. The Impact of Peer Assessment on Academic Performance: A Meta-analysis of Control Group Studies / K. S. Double, J. A. McGrane, T. N. Hopfenbeck. – DOI 10.1007/s10648-019-09510-3 // *Educational Psychology Review*. – 2020. – Vol. 32, issue 2. – Pp. 481-509. – URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10648-019-09510-3> (дата обращения: 14.02.2020).
- [33] Rotsaert, T. Anonymity as an instructional scaffold in peer assessment: its effects on peer feedback quality and evolution in students' perceptions about peer assessment skills / T. Rotsaert, E. Panadero, T. Schellens. – DOI 10.1007/s10212-017-0339-8 // *European Journal of Psychology of Education*. – 2018. – Vol. 33, issue 1. – Pp. 75-99. – URL: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10212-017-0339-8> (дата обращения: 14.02.2020).



- [34] Alqassab, M. Training peer-feedback skills on geometric construction tasks: Role of domain knowledge and peer-feedback levels / M. Alqassab, J. W. Strijbos, S. Ufer. – DOI 10.1007/s10212-017-0342-0 // *European Journal of Psychology of Education*. – 2018. – Vol. 33, issue 1. – Pp. 11-30. – URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10212-017-0342-0> (дата обращения: 14.02.2020).
- [35] Black, P. Working inside the Black Box: Assessment for Learning in the Classroom / P. Black, C. Harrison, C. Lee, B. Marshall, D. Wiliam. – DOI 0.1177/003172170408600105 // *Phi Delta Kappan*. – 2004. – Vol. 86, issue 1. – Pp. 8-21. – URL: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/003172170408600105> (дата обращения: 14.02.2020).
- [36] Suurtamm, C. Assessment in Mathematics Education: Large-Scale Assessment and Classroom Assessment / C. Suurtamm, D. R. Thompson, R. Y. Kim, L. D. Moreno, N. Sayac, S. Schukajlow, E. Silver, S. Ufer, P. Vos. – DOI 10.1007/978-3-319-32394-7 // *ICME-13 Topical Surveys*. – Springer, Cham, 2016. – URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-32394-7> (дата обращения: 14.02.2020).
- [37] Reinholz, D. The assessment cycle: A model for learning through peer assessment / D. Reinholz. – DOI 10.1080/02602938.2015.1008982 // *Assessment & Evaluation in Higher Education*. – 2016. – Vol. 41, issue 2. – Pp. 301-315. – URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02602938.2015.1008982> (дата обращения: 14.02.2020).
- [38] Fernández-Enríquez, R. Augmented Reality as a Didactic Resource for Teaching Mathematics / R. Fernández-Enríquez, L. Delgado-Martín. – DOI 10.3390/app10072560 // *Applied Sciences*. – 2020. – Vol. 10, issue 7. – Pp. 2560. – URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/7/2560> (дата обращения: 14.02.2020).
- [39] Chao, W.-H. Using Augmented Reality to Enhance and Engage Students in Learning Mathematics / W.-H. Chao, R.-Ch. Chang. – DOI 10.14738/assrj.512.5900 // *Advances in Social Sciences Research Journal*. – 2018. – Vol. 5, issue 12. – Pp. 455-464. – URL: <https://journals.scholarpublishing.org/index.php/ASSRJ/article/view/5900> (дата обращения: 14.02.2020).
- [40] Auliya, R. N. Mathematics learning instrument using augmented reality for learning 3D geometry / R. N. Auliya, M. Munasiah. – DOI 10.1088/1742-6596/1318/1/012069 // *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series*. – 2019. – Vol. 1318. – Article number 012069. – URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1318/1/012069> (дата обращения: 14.02.2020).
- [41] Ramírez-Vega, A. Raising awareness of the accessibility challenges in mathematics MOOCs / A. Ramírez-Vega, F. Iniesto, C. Rodrigo. – DOI 10.1145/3144826.3145435 // *Proceedings of the 5th International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM 2017)*. – Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2017; article 92. – URL: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3144826.3145435> (дата обращения: 14.02.2020).

Поступила 14.02.2020; принята к публикации 28.03.2020;  
опубликована онлайн 25.05.2020.

#### Об авторах:

**Косова Екатерина Алексеевна**, доцент кафедры прикладной математики, факультет математики и информатики, Таврическая академия Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского (295007, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, пр. Вернадского, д. 4), кандидат педагогических наук, доцент, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3263-9373>, lynx99@inbox.ru

**Дюличева Юлия Юрьевна**, доцент кафедры прикладной математики, факультет математики и информатики, Таврическая академия Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского (295007, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, пр. Вернадского, д. 4), кандидат физико-математических наук, доцент, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1314-5367>, dyulichева@gmail.com

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

#### References

- [1] Roshchina Y., Roshchin S., Rudakov V. *Spros na massovye otkrytye onlayn-kursy (MOOC): opyt rossiyskogo obrazovaniya* [The Demand for Massive Open Online Courses (MOOC): Evidence from Russian Education]. *Voprosy obrazovaniya = Educational Studies Moscow*. 2018; (1):174-199. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2018-1-174-199>
- [2] Zakharova U., Tanasenko K. *MOOK v vysshem obrazovanii: dostoinstva i nedostatki dlya prepodavateley* [MOOCs in Higher Education: Advantages and Pitfalls for Instructors]. *Voprosy obrazovaniya = Educational Studies Moscow*. 2019; (3):176-202. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2019-3-176-202>
- [3] Kosova E.A., Khalilova M.Yu. Web Accessibility Analysis of Massive Open On-line Courses on Mathematical Disciplines. *Vyshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. 2019; 28(10):157-166. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2019-28-10-157-166>
- [4] Kosova Y., Izetova M. *Dostupnost' massovykh otkrytykh onlayn-kursov po matematike dlya obuchayushchikhsya s ograniченными возможностями zdorov'ya* [Accessibility of Massive Open Online Courses on Mathematics for Students with Disabilities]. *Voprosy obrazovaniya = Educational Studies Moscow*. 2020; (1):205-229. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2020-1-205-229>
- [5] Juan Á.A., Huertas M.A., Cuypers H., Loch B. Mathematical e-learning [preface to online dossier]. *RUSC. Universities and Knowledge Society Journal*. 2012; 9(1):278-283. Available at: <http://rusc.uoc.edu/rusc/ca/index.php/rusc/article/download/v9n1-aprendizaje-virtual-matematicas/1431-3070-1-PB.pdf> (accessed 14.02.2020). (In Eng.)
- [6] Akugizibwe E., Ahn J.Yo. Perspectives for effective integration of e-learning tools in university mathematics instruction for developing countries. *Education and Information Technologies*. 2020; 25(2):889-903. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-019-09995-z>



- [7] Dodun O., Panaite E., Seghedini N., Nagîtd G., Dusa P., Neş-tian G., Slătineanu L. Analysis of an E-learning Platform use by Means of the Axiomatic Design. *Procedia CIRP*. 2015; 34:244-249. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.07.059>
- [8] Buteau C., Jarvis D.H., Lavicza Z. On Integration of Computer Algebra Systems (CAS) by Canadian Mathematics: Results of National Survey. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*. 2014; 14 (1):35-57. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1080/14926156.2014.874614>
- [9] Kramarski B., Hirsch C. Using computer algebra systems in mathematical classrooms. *Journal of Computer Assisted Learning*. 2003; 19(1):35-45. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1046/j.0266-4909.2003.00004.x>
- [10] Kendal M., Stacey K., Pierce R. The Influence of a Computer Algebra Environment on Teachers' Practice. In: Guin D., Ruthven K., Trouche L. (ed.) *The Didactical Challenge of Symbolic Calculators*. *Mathematics Education Library*. 2005; 36:83-112. Springer, Boston, MA. (In Eng.) DOI: [https://doi.org/10.1007/0-387-23435-7\\_5](https://doi.org/10.1007/0-387-23435-7_5)
- [11] Sankar D.S., Karri R.R. Some Effective Methods for Teaching Mathematics Courses in Technological Universities. *International Journal of Education and Information Studies*. 2016; 6(1):11-18. Available at: [https://www.ripublication.com/ijeis16/ijeisv6n1\\_03.pdf](https://www.ripublication.com/ijeis16/ijeisv6n1_03.pdf) (accessed 14.02.2020). (In Eng.)
- [12] Álvarez D., Moreno D., Orduna P., Pascual V., San Vicente F.J. Maths: from distance to e-learning. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence. Special Issue on Teaching Mathematics Using New and Classic Tools*. 2015; 3(4):5-12. (In Eng.) DOI: <http://doi.org/10.9781/ijimai.2015.341>
- [13] Ahn J.Yo., Edwin A. An e-Learning Model for Teaching Mathematics on an Open Source Learning Platform. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*. 2018; 19(5):255-267. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.19173/irrodl.v19i5.3733>
- [14] Canoy J.C.D., Buan A.T., Lahoylahoy M.E., Dinawanao D.D. Student-Centered e-Learning Course in Mathematics Utilizing an Open Source Learning Management System. In: Ng Khar Thoe, Devadason Robert Peter, Lay Yoon Fah (ed.) *Learning Science and Mathematics Together (LeSMaT) in a Borderless World using Technology*. 2016; 2:13-30. SEAM-EO RECSAM, Penang, Malaysia. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12953.47203>
- [15] Yanuschik O.V., Pakhomova E.G., Batbold K. E-learning as a Way to Improve the Quality of Educational for International Students. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 2015; 215:147-155. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.11.607>
- [16] Owen H., Dunham N. Reflections on the Use of Iterative, Agile and Collaborative Approaches for Blended Flipped Learning Development. *Education Sciences*. 2015; 5(2):85-103. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci5020085>
- [17] Smith J.G., Suzuki S. Embedded blended learning within an Algebra classroom: a multimedia capture experiment. *Journal of Computer Assisted Learning*. 2015; 31(2):133-147. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1111/jcal.12083>
- [18] Borba M.C., Askar P., Engelbrecht J., Gadanidis G., Llinares S., Aguilar M.S. Blended learning, e-learning and mobile learning in mathematics education. *ZDM Mathematics Education*. 2016; 48(5):589-610. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1007/s11858-016-0798-4>
- [19] Borba M.C., Scucuglia R.R.S., Gadanidis G. Phases of digital technologies in mathematics education: the classroom and the Internet in motion. 1st ed. Belo Horizonte: Autêntica; 2014. (In Eng.)
- [20] Chiu P.S., Chen H.C., Huang Y.M., Liu C.J., Liu M.C., Shen M.H. A video annotation learning approach to improve the effects of video learning. *Innovations in Education and Teaching International*. 2018; 55(4):459-469. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1080/14703297.2016.1213653>
- [21] Mosley P.L. Lecture Video: Characteristics and Utilizations as an Online Learning Resource. In: Sörensen P.M., Canelas D.A. (ed.) *Online Approaches to Chemical Education*. 2017; 1261:91-100. American Chemical Society. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1021/bk-2017-1261.ch008>
- [22] Merkt M., Weigand S., Heier A., Schwan S. Learning with videos vs. learning with print: The role of interactive features. *Learning and Instruction*. 2011; 21(6):687-704. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2011.03.004>
- [23] Abulencia, J.P., Vigeant, M.A., Silverstein, D.L. Using Video Media to Enhance Conceptual Learning in an Undergraduate Thermodynamics Course. In: *Proc. 2012 Am. Soc. Eng. Educ. Annu. Conf. Expo.*; 2013. Available at: <https://www.asee.org/public/conferences/8/papers/3990/download> (accessed 14.02.2020). (In Eng.)
- [24] Jackman W.M. YouTube Usage in the University Classroom: An Argument for its Pedagogical Benefits. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*. 2019; 14(09):157-166. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i09.10475>
- [25] Barns S., Pickering E., Dawes L. Worked Example Videos as a Valuable Blended Learning Resource in Undergraduate Engineering Units. In: Tse N., Huda N., Town G., Inglis D. (ed.) *Proceedings of the 28th Annual Conference of the Australasian Association for Engineering Education (AAEE 2017)*. School of Engineering, Macquarie University, Australia; 2017. p. 1093-1100. Available at: <https://eprints.qut.edu.au/115403> (accessed 14.02.2020). (In Eng.)
- [26] Wiggins G., McTighe J. *Understanding By Design*. Assn. for Supervision & Curriculum Development, 2nd Expanded edition; 2005. (In Eng.)
- [27] Distance Learning, E-Learning and Blended Learning in Mathematics Education: International Trends in Research and Development. Silverman J., Hoyos V. (ed.) *ICME-13 Monographs*. Springer, Cham; 2018. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-90790-1>
- [28] Davila-Guzman N.E., Tiempos N., Maya-Treviño M.L., Sanchez-Vazquez A.I., Cerino F. Educational Content Development to Enhance STEM Learning. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*. 2019; 14(21):235-242. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i21.11021>
- [29] Kalelioğlu F. Using Facebook as a Learning Management System: Experiences of Pre-service Teachers. *Informatics in Education*. 2017; 16(1):83-101. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.15388/infedu.2017.05>
- [30] Ventista O.M. Self-assessment in Massive Open Online Courses. *E-Learning and Digital Media*. 2018; 15(4):165-175. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1177/2042753018784950>





- [31] Haddadi L., Bouarab-Dahmani F., Guin N., Berkane T., Lazib S. Peer assessment and groups formation in massive open online courses. *Computer Applications in Engineering Education*. 2018; 26(5):1873-1887. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1002/cae.22005>
- [32] Double K.S., McGrane J.A., Hopfenbeck T.N. The Impact of Peer Assessment on Academic Performance: A Meta-analysis of Control Group Studies. *Educational Psychology Review*. 2020; 32(2):481-509. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09510-3>
- [33] Rotsaert T., Panadero E., Schellens T. Anonymity as an instructional scaffold in peer assessment: its effects on peer feedback quality and evolution in students' perceptions about peer assessment skills. *European Journal of Psychology of Education*. 2018; 33(1):75-99. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1007/s10212-017-0339-8>
- [34] Alqassab M., Strijbos J.W., Ufer S. Training peer-feedback skills on geometric construction tasks: Role of domain knowledge and peer-feedback levels. *European Journal of Psychology of Education*. 2018; 33(1):11-30. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1007/s10212-017-0342-0>
- [35] Black P., Harrison C., Lee C., Marshall B., Wiliam D. Working inside the Black Box: Assessment for Learning in the Classroom. *Phi Delta Kappan*. 2004; 86(1):8-21. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1177/003172170408600105>
- [36] Suurtamm C., Thompson D.R., Kim R.Y., Moreno L.D., Sayac N., Schukajlow S., Silver E., Ufer S., Vos P. Assessment in Mathematics Education: Large-Scale Assessment and Classroom Assessment. *ICME-13 Topical Surveys*. Springer, Cham; 2016. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-32394-7>
- [37] Reinholz D. The assessment cycle: A model for learning through peer assessment. *Assessment & Evaluation in Higher Education*. 2016; 41(2):301-315. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1080/02602938.2015.1008982>
- [38] Fernández-Enríquez R., Delgado-Martín L. Augmented Reality as a Didactic Resource for Teaching Mathematics. *Applied Sciences*. 2020; 10(7):2560. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.3390/app10072560>
- [39] Chao W.-H., Chang R.-Ch. Using Augmented Reality to Enhance and Engage Students in Learning Mathematics. *Advances in Social Sciences Research Journal*. 2018; 5(12):455-464. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.14738/assrj.512.5900>
- [40] Auliya R.N., Munasiah M. Mathematics learning instrument using augmented reality for learning 3D geometry. *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series*. 2019; 1318:012069. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1318/1/012069>
- [41] Ramírez-Vega A., Iniesto F., Rodrigo C. Raising awareness of the accessibility challenges in mathematics MOOCs. In: *Proceedings of the 5th International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM 2017)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA; 2017. Article 92. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1145/3144826.3145435>

Submitted 14.02.2020; revised 28.03.2020;  
published online 25.05.2020.

#### About the authors:

**Yekaterina A. Kosova**, Associate Professor of the Department of Applied Mathematics, Faculty of Mathematics and Computer Science, Taurida Academy of V.I. Vernadsky Crimean Federal University (4 Academica Vernadskogo Ave., Simferopol 295007, Russia), Ph.D. (Pedagogy), Associate Professor, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3263-9373>, [lynx99@inbox.ru](mailto:lynx99@inbox.ru)

**Yuliya Yu. Dyulicheva**, Associate Professor of the Department of Applied Mathematics, Faculty of Mathematics and Computer Science, Taurida Academy of V.I. Vernadsky Crimean Federal University (4 Academica Vernadskogo Ave., Simferopol 295007, Russia), Ph.D. (Phys.-Math.), Associate Professor, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1314-5367>, [dyulicheva@gmail.com](mailto:dyulicheva@gmail.com)

*All authors have read and approved the final manuscript.*

