

ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Научная статья

УДК 372.851

<https://doi.org/10.23951/2307-6127-2022-5-67-77>

ОБУЧЕНИЕ МАТЕМАТИКЕ СТУДЕНТОВ КОЛЛЕДЖА ПОСРЕДСТВОМ GEOGEBRA CLASSROOM НА ПРИМЕРЕ ТЕМЫ «КОМПЛЕКСНЫЕ ЧИСЛА»

Даниэла Владимировна Бочкарёва^{1,2}

¹ Красноярский государственный педагогический университет им. В. П. Астафьева, Красноярск, Россия

² Новосибирский профессионально-педагогический колледж, Новосибирск, Россия

^{1,2} danaloro13@gmail.com

Аннотация

Применение информационных технологий в процессе обучения уже стало обыденностью, но постоянно появляются какие-то новые инструменты, помогающие педагогу и обучающимся. Чтобы образование действительно соответствовало запросу современных реалий, необходимо непрерывно модернизировать формы и методы обучения. Одним таким весьма актуальным помощником в обучении математике является система динамической математики (СДМ) GeoGebra. Математика всегда занимала особое место среди наук хотя бы потому, что она весьма абстрактна и сложна для восприятия. Просто заучить формулы и определения недостаточно, а точнее сказать, бессмысленно. Нужно понимать суть и уметь пользоваться полученными знаниями. Поэтому имеется необходимость в наглядности математических понятий для более подробного их рассмотрения и осознания, для чего и используются СДМ. Также стоит подтвердить целесообразность их применения. Цель данной статьи заключается в предоставлении результатов исследования влияния использования среды GeoGebra Classroom на качество обучения на примере темы «Комплексные числа», изучаемой студентами колледжа в курсе высшей математики.

Ключевые слова: обучение математике, GeoGebra Classroom, комплексные числа, колледж, динамические рисунки, дистанционное обучение

Для цитирования: Бочкарева Д. В. Обучение математике студентов колледжа посредством GeoGebra Classroom на примере темы «Комплексные числа» // Научно-педагогическое обозрение (Pedagogical Review). 2022. Вып. 5 (45). С. 67–77. <https://doi.org/10.23951/2307-6127-2022-5-67-77>

HIGHER EDUCATION

Original article

TEACHING MATHEMATICS TO COLLEGE STUDENTS THROUGH GEOGEBRA CLASSROOM ON THE EXAMPLE OF THE TOPIC “COMPLEX NUMBERS”

Daniela V. Bochkareva^{1,2}

¹ *Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V. P. Astafiev, Krasnoyarsk, Russian Federation*

² *Novosibirsk Professional Pedagogical College, Novosibirsk, Russian Federation*

^{1,2} *danaloro13@gmail.com*

Abstract

The use of information technology in the learning process has already become commonplace, but new tools are constantly appearing to help the teacher and students. In order for education to really meet the demand of modern realities, it is necessary to continuously modernize the forms and methods of education. One such highly relevant assistant in teaching mathematics is the Dynamic Mathematics System (DMS) GeoGebra. Mathematics has always occupied a special place among the sciences, if only because it is very abstract and difficult to understand. Just memorizing formulas and definitions is not enough, or rather, it makes no sense. You need to understand the essence and be able to use the knowledge gained. Therefore, there is a need for the visibility of mathematical concepts for their more detailed consideration and understanding, for which DMS are used. It is also worth confirming the feasibility of their use. The purpose of this article is to present the results of a study of the impact of using the GeoGebra Classroom on the quality of education on the example of the topic “Complex Numbers” studied by college students in the course of higher mathematics. It was revealed that the use of Dynamic Mathematics Systems in classroom and homework has a positive effect on student’s academic performance.

Keywords: *teaching mathematics, GeoGebra Classroom, complex numbers, college, dynamic drawings, distance learning*

For citation: Bochkareva D. V. Teaching mathematics to college students through GeoGebra Classroom on the example of the topic “Complex numbers” [Obucheniye matematike studentov kolledzha posredstvom GeoGebra Classroom na primere temy “Kompleksnyye chisla]. *Nauchno-pedagogicheskoye obozreniye – Pedagogical Review*, 2022, vol. 5 (45), pp. 67–77. <https://doi.org/10.23951/2307-6127-2022-5-67-77>

Система образования непрерывно подвергается различным изменениям: семимильными шагами идет развитие информационных технологий, что непременно способствует их внедрению в образовательный процесс. Профессиональное образование должно не только взрастить квалифицированного специалиста, но и развитую во всех смыслах разностороннюю личность, так сказать, довести до достаточного уровня начатое на этапе школьного образования.

Методы и технологии обучения, что были эффективны, например, в советское время, уже не могут в полной мере выполнять образовательные задачи для современного поколения обучающихся. Также существуют глобальные вопросы образования, которые требуют немедленных решений, будь то обучение во время пандемии COVID-19 или инклюзивная форма обучения.

В современных реалиях набирает обороты дистанционная форма обучения. С. В. Давыдочкина считает, что основная проблема, с которой сталкивается преподаватель при переходе с очной формы обучения на дистанционное, – нехватка времени на глубокую проработку лекционного или практического занятия и отсутствие классной доски. Последняя является одним из главных атрибутов при изучении любой дисциплины при традиционной форме обучения, так как объяснение нового мате-

риала невозможно без демонстрации различных аналитических выражений, графиков, диаграмм и т. д. в текущем времени, а именно – в процессе их построения и формирования [1]. Л. В. Зверева утверждает, что важным вопросом является подготовка преподавателей к дистанционному обучению. Совершенно очевидно, что для использования такого типа обучения, как дистанционный, каждый преподаватель должен обладать навыками работы с информационными технологиями [2]. В работе Н. А. Лозовой сказано, что дистанционное обучение математике основано на самостоятельной деятельности обучающихся и обладает значительным потенциалом для развития познавательной деятельности студентов [3].

В связи с повсеместным использованием информационных технологий и запросом на дистанционную форму обучения математические дисциплины тоже не остались без своих специальных программ. Очевидно, что визуализация имеет большое значение, особенно для сложных в восприятии точных наук. Для этого используются различные системы динамической математики, одной из самых доступных является среда GeoGebra. Ее можно скачать на ПК или смартфон или использовать онлайн через сайт, также предоставляется возможность использовать среду в форме GeoGebra Classroom, то есть в виде виртуального кабинета.

Авторы из различных стран занимаются исследованиями в данной области. Рассмотрим несколько примеров зарубежных работ.

М. Astafieva предлагает педагогическую стратегию исследовательского обучения в вузе при преподавании математических дисциплин. В ее работе раскрывается возможность и целесообразность использования платформы GeoGebra Classroom. Предложенная педагогическая технология предполагает исследовательскую направленность как индивидуальной, так и коллективной работы студентов, поэтому требуются специальные цифровые инструменты. Таким инструментом является GeoGebra Classroom. Данная среда обеспечивает непрерывную и эффективную связь между учителем и учеником, в ней можно работать с интерактивным математическим аппаратом самостоятельно и в микрогруппе [4].

И. Asyura описывает использование GeoGebra Classroom в обучении будущих учителей начальных классов: проводится исследование, связанное с математическим моделированием и коммуникативными навыками студентов [5]. Также R. Yuliyardi подтверждает, что использование GeoGebra способствует повышению математических коммуникативных навыков студентов [6].

С. Manganyana утверждает, что использование GeoGebra оказало положительное влияние на успеваемость учащихся по сравнению с методом «мела и доски». GeoGebra может эффективно использоваться как педагогический инструмент. В сельских школах до сих пор есть проблемы с подключением к сети Интернет, а GeoGebra можно использовать без Интернета. С. Manganyana также считает, что необходимо организовать учебные курсы по использованию GeoGebra для учителей [7]. U. Salinas-Hernandez в своей статье освещает проблему внедрения новых ресурсов на уроке математики. Преподаватель с большим стажем привык к традиционному методу обучения с использованием доски, и ему тяжело применять новые для него технологии, в частности систему GeoGebra, и даже курсы не всегда помогают освоить данный навык. Таким образом, есть необходимость в поиске способа помочь учителям в интеграции новых ресурсов в свою педагогическую деятельность [8].

А. Navetta исследует использование GeoGebra для улучшения понимания теории комплексных чисел и описывает методы создания интерактивных рабочих листов для студентов [9].

Анализ и результаты исследования под авторством А. О. Samura и др. выявили различия между обучением с помощью GeoGebra и обычным обучением в отношении повышения навыков творческого мышления учащихся [10]. Также ожидается, что определение математических понятий и отношений, основанное на реальных моделях в среде GeoGebra, и совместное рассмотрение алгебраических и геометрических представлений во время учебного процесса улучшат представления учащихся о математике [11].

Российские авторы также активно исследуют использование систем динамической математики в обучении студентов.

Е. Н. Ерилова в своей статье сообщает, что GeoGebra, помимо вычислительных операций, позволяет выполнять геометрические построения математических объектов, что способствует формированию наглядных представлений абстрактных математических понятий у обучающихся. Применение интерактивной геометрической среды GeoGebra при изучении темы «Комплексные числа» позволяет визуализировать сложные для представления студентов математические понятия, способствует усвоению изучаемого материала, повышает интерес к изучаемой дисциплине [12].

Н. В. Занько и С. В. Ларин считают, что проведение занятий в форме лабораторных работ в среде GeoGebra является перспективной при исследовательском стиле обучения математике, а анимационные рисунки представляют собой эффективный элемент новой дидактики, востребованный задачами цифрового образования [13].

М. В. Глебова проводит анализ использования возможностей сервиса Google Classroom в процессе практико-ориентированного обучения математике. Использование Google Classroom позволяет учителю не только научить учащихся основным математическим понятиям и операциям, но и сформировать у них умение применять их в решении широкого круга практических задач [14]. Вид деятельности, организованный на платформе GeoGebra Classroom, позволяет учителю проводить контрольные и зачетные занятия, оперативно контролировать ход выполнения любых видов практических работ как в очном, так и дистанционном режиме [15].

В статье М. И. Черемисиной говорится, что использование возможностей инновационных средств обучения в образовательном процессе, в частности динамической среды GeoGebra, активизирует познавательную деятельность обучающихся, оптимизирует образовательный процесс и позволяет осуществлять дифференцированный подход в обучении, тем самым повышая качество математической подготовки обучающихся [16].

Анализ литературы показывает, что есть немало исследований на тему использования динамических сред в обучении математике школьников и студентов вуза, но практически нет разработок, касающихся среднего профессионального образования. Таким образом, имеется противоречие между потребностью студентов в наглядности математических понятий и отношений между ними и недостаточной разработанностью методики использования динамических сред в учебном процессе учреждений среднего профессионального образования, а также недостаточной проверкой эффективности применения этих сред.

Указанное противоречие приводит к проблеме разработки динамических рисунков для обучения студентов колледжа и апробации применения этих материалов в учебном процессе.

Целью данной работы является описание исследования влияния использования среды GeoGebra Classroom на качество обучения на примере темы «Комплексные числа», которую изучают студенты колледжа в курсе высшей математики.

При написании данной работы мы применяли следующие методы: анализ научно-исследовательских работ отечественных и зарубежных авторов, педагогический эксперимент на базе Новосибирского профессионально-педагогического колледжа, математические методы обработки результатов педагогического исследования.

Раздел «Комплексные числа» в большинстве случаев входит в рабочие программы математических дисциплин в зависимости от специальности. Первые упоминания о них имеются в трудах почти пятисотлетней давности. Бомбелли в своем труде «Алгебра» (1572) разработал простейшие правила действий с радикалами от «мнимых» величин и подошел, таким образом, к созданию теории комплексных чисел [17]. А теперь комплексные числа начинают изучать еще в старших классах школы. Студентов, принимающих участие в исследовании, эта тема также не обошла стороной.

В педагогическом исследовании принимали участие 44 человека: 24 человека в экспериментальной группе и 20 человек – в контрольной группе. Обе группы студентов обучаются в Новосибирском профессионально-педагогическом колледже по специальности 44.03.04 «Профессиональное обучение (по отраслям)», отрасль «Информационные системы и программирование», то есть будущие техники-программисты с педагогическим уклоном. Экспериментальная группа состоит из студентов, окончивших 11 классов и обучающихся на первом курсе. Контрольная группа состоит из студентов, окончивших 9 классов и обучающихся на втором курсе. Учебные планы и рабочие программы у групп совпадают. В курсе «Элементы высшей математики» ими изучалась тема «Комплексные числа» в объеме 12 часов. А конкретно следующее: понятие комплексного числа, операции над комплексными числами, геометрическая интерпретация, модуль и аргумент; алгебраическая, тригонометрическая и показательная формы записи комплексных чисел, решение квадратных уравнений в комплексных числах. При работе с экспериментальной группой использовалась платформа GeoGebra Classroom, с контрольной – нет.

Студенты экспериментальной группы пользовались платформой GeoGebra Classroom как на аудиторных занятиях, так и при дистанционной форме обучения в период ковидных ограничений. Контрольная группа не пользовалась СДМ, но при обучении могли использоваться другие средства информационных технологий, например презентации.

Среда GeoGebra Classroom позволяет преподавателю создавать своего рода виртуальные классы. Для этого преподаватель создает задание, дает студентам на него ссылку, студенты, пройдя по ссылке, выполняют это задание, а педагог в свою очередь имеет возможность просматривать активность обучающихся. Пример того, как выглядит страница, на которой можно просматривать активность студентов, представлен на рис. 1.

Рассмотрим подробнее, какими учебными материалами на базе GeoGebra Classroom пользовалась экспериментальная группа. Структура виртуального занятия состояла в следующем: сначала дается базовый алгоритм по выполнению лабораторной работы, например прикрепляется отдельный файл с пояснениями; затем демонстрируется примерный вариант готового динамического чертежа (см. рис. 2); следующим расположено поле, в котором студент и будет выполнять задание (рис. 3).

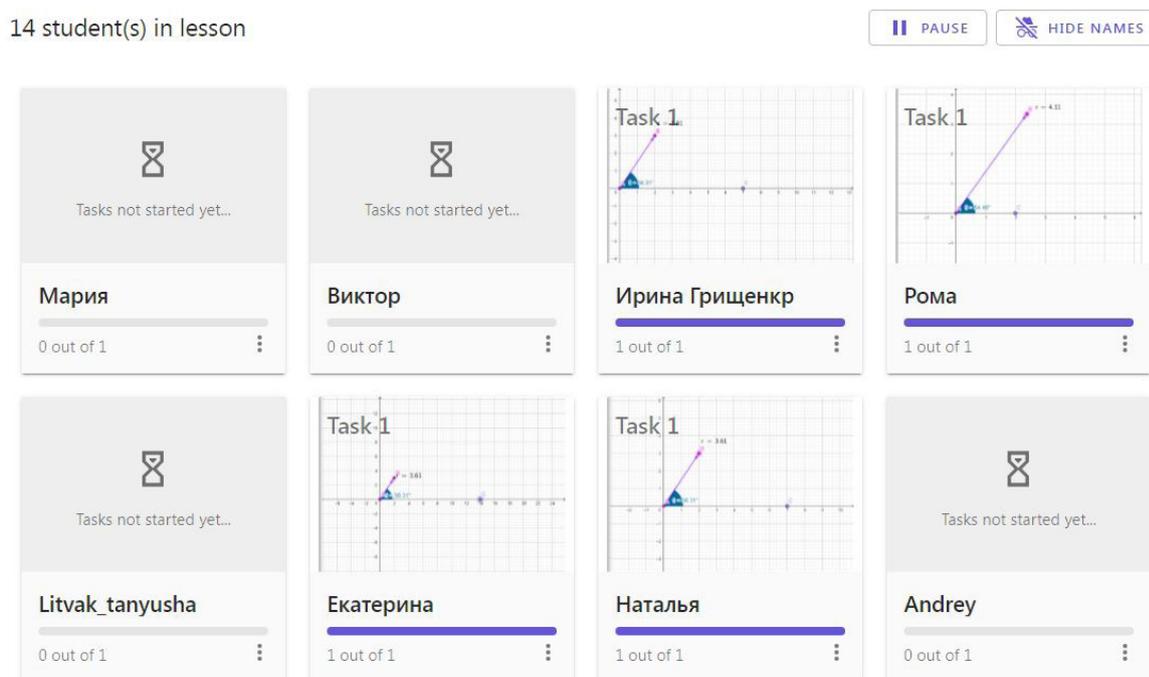


Рис. 1. Страница, на которой показана активность студентов

Task 1: Пример

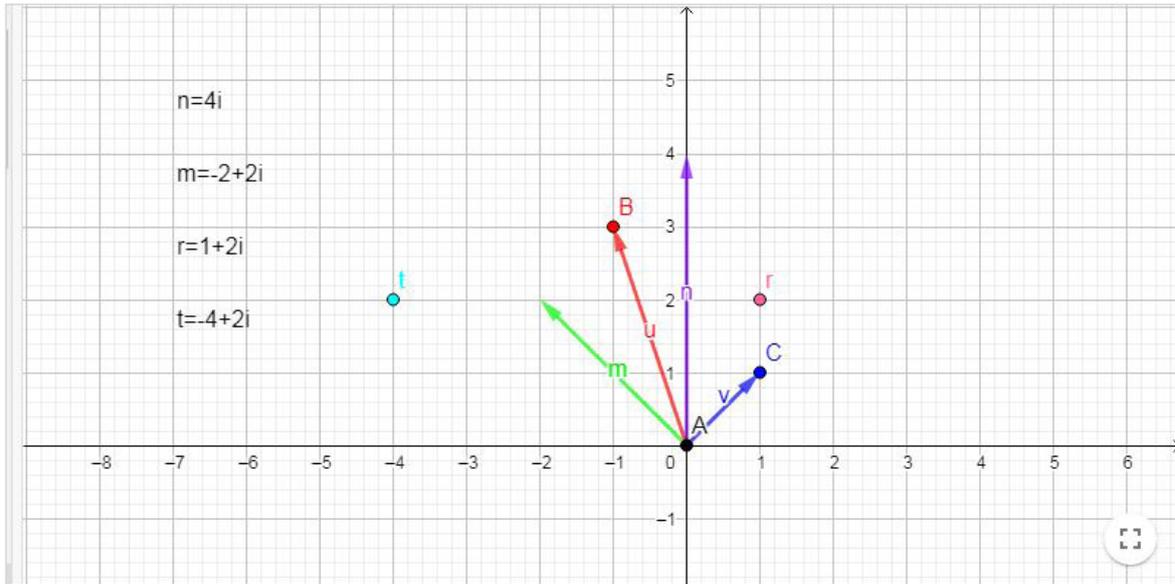


Рис. 2. Пример визуализации операций над комплексными числами

Task 2: Поле для работы

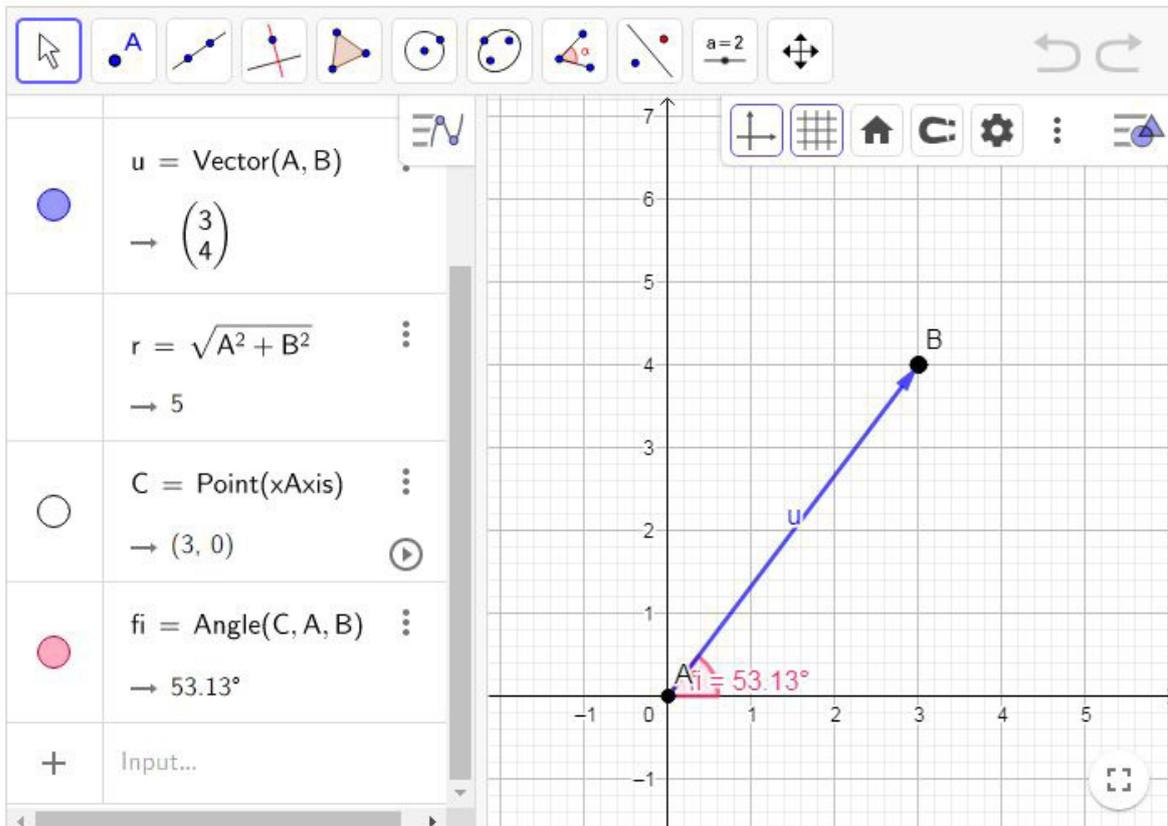


Рис. 3. Поле для выполнения работы студентом

По окончании изучения темы студенты обеих групп проходили тестирование по простейшим понятиям, связанными с теорией комплексных чисел. Тест состоял всего из десяти базовых вопросов, на его выполнение давалось 15 минут. Задания теста содержали в себе подтемы: операции над

комплексными числами (сложение, вычитание, умножение, деление), модуль и аргумент, комплексная плоскость, различные формы записи комплексного числа, решение квадратного уравнения с отрицательным дискриминантом. Примеры вопросов представлены на рис. 4. Были получены следующие результаты в баллах по десятибалльной шкале (табл. 1).

Таблица 1

Результаты итогового теста

| № | Экспериментальная группа, балл | Контрольная группа, балл |
|---------|--------------------------------|--------------------------|
| 1 | 8 | 7 |
| 2 | 9 | 9 |
| 3 | 10 | 6 |
| 4 | 9 | 7 |
| 5 | 9 | 7 |
| 6 | 9 | 8 |
| 7 | 8 | 7 |
| 8 | 9 | 10 |
| 9 | 9 | 6 |
| 10 | 9 | 10 |
| 11 | 8 | 5 |
| 12 | 9 | 3 |
| 13 | 10 | 5 |
| 14 | 8 | 9 |
| 15 | 9 | 3 |
| 16 | 9 | 9 |
| 17 | 10 | 10 |
| 18 | 7 | 9 |
| 19 | 8 | 10 |
| 20 | 10 | 8 |
| 21 | 8 | — |
| 22 | 9 | — |
| 23 | 8 | — |
| 24 | 9 | — |
| Среднее | 8,79 | 7,4 |

Частное чисел $3+2i$ и $1-2i$ равно... *

$-0,2+1,6i$

$0,4-0,6i$

$-1+8i$

Модуль комплексного числа $3+4i$ равен *

2

5

10

Рис. 4. Задания из итогового теста

Данные были статистически обработаны. По критерию Стьюдента эмпирическое значение $t = 2,9$ находится в зоне значимости, следовательно, между группами имеется различие. По среднему значению видим, что результаты экспериментальной группы немного лучше, чем у контрольной, хотя обе они в целом неплохо справились с заданиями. Дополнительно был проделан расчет критерия Фишера, чтобы выявить, влияет ли уровень освоенного до колледжа школьного образования на результат теста. Эмпирическое значение $\varphi = 1,79$ свидетельствует об отсутствии статистически значимых различий исхода в зависимости от наличия фактора риска, то есть наличия основного общего образования вместо среднего общего. Расчет велся по количеству студентов, набравших 9–10 баллов (табл. 2).

Таблица 2

Соотношение баллов за тест

| Группа | Баллы ниже 9 | 9–10 баллов |
|--|--------------|-------------|
| Контрольная (на базе 9 классов) | 12 (60 %) | 8 (40 %) |
| Экспериментальная (на базе 11 классов) | 8 (33,3 %) | 16 (66,7 %) |

На рис. 5 представлена гистограмма, демонстрирующая количество баллов, полученное студентами двух групп. По горизонтальной оси отложено количество баллов, по вертикальной оси – количество человек, получивших определенный балл.

По итогам проведенного исследования можно сделать следующий вывод: использование систем динамической математики как в аудиторной, так и в неаудиторной работе положительно сказывается на успеваемости студентов. Визуализация математических объектов и взаимосвязей между ними в форме динамических рисунков подкрепляет теоретические знания наглядностью и, так сказать, материализацией, что недоступно статичным картинкам учебника. Выполнение математических задач в форме лабораторных работ вызывает у обучающихся познавательный интерес к точным наукам и способствует развитию визуального и творческого мышления. Также использование динамических сред помогает разнообразить и улучшить дистанционную форму обучения, которая стала уже неотъемлемой частью любой ступени образования. Но стоит продолжать исследования в данной области, ведь не существует какого-то универсального инструмента обучения на все времена.



Рис. 5. Распределение баллов за тест

Список литературы

1. Давыдочкина С. В. Организация дистанционного обучения при изучении дисциплин математического цикла // Вопросы педагогики. 2020. № 9-2. С. 61–66. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_44019128_82400948.pdf (дата обращения: 01.03.2022).
2. Зверева Л. Г. Современные вопросы дистанционного обучения математике // Вопросы педагогики. 2020. № 7-1. С. 69–73. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_43128020_53598916.pdf (дата обращения: 01.03.2022).
3. Лозовая Н. А. Активизация познавательной деятельности студентов технических направлений в условиях дистанционного обучения математике // Научное обозрение. Педагогические науки. 2020. № 3. С. 71–75. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_43030225_93321359.pdf (дата обращения: 01.03.2022).
4. Astafieva M., Hlushak O., Lytvyn O. GeoGebra Classroom as a Component for the ICT support of Inquiry-based Mathematics Education in Blended Learning // ICTERI. 2021. P. 419–427. URL: <http://icteri.org/icteri-2021/proceedings/volume-1/20210419.pdf> (дата обращения: 01.03.2022).
5. Asyura I., Dewi R. Analisis Kemampuan Matematis Mahasiswa PGSD Terhadap Penggunaan Geogebra Classroom di Era dan Pasca Pandemi COVID-19 // Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika. 2020. № 4 (2). P. 976–989. URL: <https://j-cup.org/index.php/cendekia/article/view/325> (дата обращения: 01.03.2022).
6. Yuliardi R. Mathematics Learning Assisted Geogebra using Technologically Aligned Classroom (TAC) to Improve Communication Skills of Vocasional High School Student // Journal of Physics: Conference Series. 2017. № 895 (1). P. 012156. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/895/1/012156/pdf> (дата обращения: 01.03.2022).
7. Manganyana C., Putten S. van, Rauscher W. The Use of GeoGebra in Disadvantaged Rural Geometry Classrooms // International Journal of Emerging Technologies in Learning. 2020. № 15 (14). P. 97–108. URL: <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i14.13739> (дата обращения: 01.03.2022).
8. Salinas-Hernandez U., Sacristan A. I., Trouche L. Technology Integration into Mathematics Classrooms: Case Study of a High-School Teacher's Use of GeoGebra // Re(s)source International Conference. 2018. P. 88–91. URL: https://scholar.google.com.mx/citations?view_op=view_citation&hl=es&user=Ne1d2xIAAAAJ&citation_for_view=Ne1d2xIAAAAJ:2osOgNQ5qMEC (дата обращения: 01.03.2022).
9. Navetta A. Visualizing Functions of Complex Numbers Using GeoGebra // North American GeoGebra Journal. 2016. № 5 (2). P. 17–25. URL: <https://mathed.miamioh.edu/index.php/ggbj/article/view/106/102> (дата обращения: 01.03.2022).
10. Samura A. O., Darhim, Juandi D. Improving the Creative Thinking Ability of Junior High School Students Through GeoGebra Assisted Learning Community in Mathematics // International Journal of Interactive Mobile Technologies. 2021. V. 15, № 22. P. 84–98. URL: <https://online-journals.org/index.php/i-jim/article/view/24797/10255> (дата обращения: 12.05.2022).
11. Aktumen M. Modeling and Visualization Process of the Curve of Pen Point by GeoGebra // European Journal of Contemporary Education. 2013. № 2 (4). P. 88–99. URL: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1057734.pdf> (дата обращения: 12.05.2022).
12. Ерилова Е. Н. Использование интерактивной геометрической среды GeoGebra при изучении темы «Комплексные числа» // Modern Science. 2020. № 5-1. С. 338–342. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_42847016_72455575.pdf (дата обращения: 01.03.2022).
13. Занько Н. В. Лабораторные работы по алгебре комплексных чисел с использованием анимационных возможностей среды GeoGebra // Информационные технологии в математике и математическом образовании: материалы VIII Всероссийской с международным участием научно-методической конференции, посвященной 80-летию профессора Ларина Сергея Васильевича; г. Красноярск, 13–14 ноября 2019 г. Красноярск: Красноярский государственный педагогический университет им. В. П. Астафьева, 2019. С. 118–122. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_41441188_95173928.pdf (дата обращения: 01.03.2022).
14. Глебова М. В. Использование возможностей сервиса Google Classroom для организации дистанционного практико-ориентированного обучения математике // Цифровизация образования: вызовы современности: сборник материалов Всероссийской научно-методической конференции с международным участием; г. Чебоксары, 13 ноября 2020 г. Чебоксары: Среда, 2020. С. 189–192. URL: <https://phsreda.com/e-articles/10233/Action10233-97100.pdf> (дата обращения: 01.03.2022).
15. Моркин С. А. Использование платформы GeoGebra Classroom для организации практической работы учащихся // Проблемы теории и практики обучения математике: сборник научных работ, представленных на

- международную научную конференцию; г. Санкт-Петербург, 21 апреля 2021 г. СПб.: Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, 2021. С. 45–47. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_45976622_99166085.pdf (дата обращения: 01.03.2022).
16. Черемисина М. И. Использование возможностей динамической среды GeoGebra в условиях дистанционного обучения математике // Грани познания. 2021. № 1 (72). С. 36–41. URL: <http://grani.vspu.ru/files/publics/1615014835.pdf> (дата обращения: 01.03.2022).
17. Золотых Н. Ю. Комплексные числа: учебное пособие. 3-е изд. Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского государственного университета, 2007. 56 с.

References

1. Davydochkina S. V. Organizatsiya distantsionnogo obucheniya pri izuchenii distsiplin matematicheskogo tsikla [The organization of distance learning in the study of disciplines of the mathematical cycle]. *Voprosy pedagogiki*, 2020, no. 9-2, pp. 61–66 (in Russian). URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_44019128_82400948.pdf (accessed 1 March 2022).
2. Zvereva L. G. Sovremennyye voprosy distantsionnogo obucheniya matematike [Modern issues of distance learning in mathematics]. *Voprosy pedagogiki*, 2020, no. 7-1, pp. 69–73 (in Russian). URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_43128020_53598916.pdf (accessed 1 March 2022).
3. Lozovaya N. A. Aktivizatsiya poznavatel'noy deyatel'nosti studentov tekhnicheskikh napravleniy v usloviyakh distantsionnogo obucheniya matematike [Activation of cognitive activity of students of technical areas in the conditions of distance learning in mathematics]. *Nauchnoye obozreniye. Pedagogicheskiye nauki – Scientific Review. Pedagogical Sciences*, 2020, no. 3, pp. 71–75 (in Russian). URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_43030225_93321359.pdf (accessed 1 March 2022).
4. Astafieva M., Hlushak O., Lytvyn O. GeoGebra Classroom as a Component for the ICT support of Inquiry-based Mathematics Education in Blended Learning. *ICTERI*, 2021, pp. 419–427. URL: <http://icteri.org/icteri-2021/proceedings/volume-1/20210419.pdf> (accessed 1 March 2022).
5. Asyura I., Dewi R. Analisis Kemampuan Matematis Mahasiswa PGSD Terhadap Penggunaan Geogebra Classroom di Era dan Pasca Pandemi COVID-19. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 2020, no. 4 (2), pp. 976–989. URL: <https://j-cup.org/index.php/cendekia/article/view/325> (accessed 1 March 2022).
6. Yuliardi R. Mathematics Learning Assisted Geogebra using Technologically Aligned Classroom (TAC) to Improve Communication Skills of Vocasional High School Student. *Journal of Physics: Conference Series*, 2017, no. 895 (1), 012156. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/895/1/012156/pdf> (accessed 1 March 2022).
7. Manganyana C., Putten S. van, Rauscher W. The Use of GeoGebra in Disadvantaged Rural Geometry Classrooms. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 2020, no. 15 (14), pp. 97–108. URL: <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i14.13739> (accessed 1 March 2022).
8. Salinas-Hernandez U., Sacristan A. I., Trouche L. Technology Integration into Mathematics Classrooms: Case Study of a High-School Teacher's Use of GeoGebra. *Re(s)source International Conference*, 2018. Pp. 88–91. URL: https://scholar.google.com.mx/citations?view_op=view_citation&hl=es&user=Ne1d2xIAAAAJ&citation_for_view=Ne1d2xIAAAAJ:2osOgNQ5qMEC (accessed 1 March 2022).
9. Navetta A. Visualizing Functions of Complex Numbers Using GeoGebra. *North American GeoGebra Journal*, 2016, no. 5 (2), pp. 17–25. URL: <https://mathed.miamioh.edu/index.php/ggbj/article/view/106/102> (accessed 1 March 2022).
10. Samura A. O., Darhim Juandi D. Improving the Creative Thinking Ability of Junior High School Students Through GeoGebra Assisted Learning Community in Mathematics. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 2021, vol. 15, no. 22, pp. 84–98. URL: <https://online-journals.org/index.php/i-jim/article/view/24797/10255> (accessed 12 May 2022).
11. Aktumen M. Modeling and Visualization Process of the Curve of Pen Point by GeoGebra. *European Journal of Contemporary Education*, 2013, no. 2 (4), pp. 88–99. URL: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1057734.pdf> (accessed 12 May 2022).
12. Erilova E. N. Ispol'zovaniye interaktivnoy geometricheskoy sredy GeoGebra pri izuchenii temy “Kompleksnye chisla” [Using the interactive geometric environment Geogebra in the study of the topic “Complex Numbers”]. *Modern Science*, 2020, no. 5-1, pp. 338–342 (in Russian). URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_42847016_72455575.pdf (accessed 1 March 2022).

13. Zanko N. V. Laboratornyye raboty po algebre kompleksnykh chisel s ispol'zovaniyem animatsionnykh vozmozhnostey sredy GeoGebra [Laboratory work on the algebra of complex numbers using the animation capabilities of the GeoGebra environment]. *Informatsionnyye tekhnologii v matematike i matematicheskom obrazovanii: Materialy VIII Vserossiyskoy s mezhdunarodnym uchastiyem nauchno-metodicheskoy konferentsii, posvyashchennoy 80-letiyu professora Larina Sergeya Vasil'yevicha* [Information technologies in mathematics and mathematical education: Proceedings of the VIII All-Russian scientific and methodological conference dedicated to the 80th anniversary of Professor Sergey Vasilyevich Larin. Krasnoyarsk, November 13–14, 2019]. Krasnoyarsk, Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V. P. Astafiev Publ., 2019. Pp. 118–122 (in Russian). URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_41441188_95173928.pdf (accessed 1 March 2022).
14. Glebova M. V. Ispol'zovaniye vozmozhnostey servisa Google Classroom dlya organizatsii distantsionnogo praktiko-orientirovannogo obucheniya matematike [Using the capabilities of the Google Classroom service to organize distance practice-oriented teaching of mathematics]. *Tsifrovizatsiya obrazovaniya: vyzovy sovremenosti: sbornik materialov Vserossiyskoy nauchno-metodicheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem* [Digitalization of education: modern challenges: Collection of materials of the All-Russian scientific and methodological conference with international participation. Cheboksary, November 13, 2020]. Cheboksary, Sreda Publ., 2020. Pp. 189–192 (in Russian). URL: <https://phsreda.com/e-articles/10233/Action10233-97100.pdf> (accessed 1 March 2022).
15. Morkin S. A. Ispol'zovaniye platformy GeoGebra Classroom dlya organizatsii prakticheskoy raboty uchashchikhsya [Using the Geogebra Classroom platform to organize the practical work of students]. *Problemy teorii i praktiki obucheniya matematike: sbornik nauchnykh rabot, predstavlennykh na Mezhdunarodnyuyu nauchnyuyu konferentsiyu. g. Sankt-Peterburg, 21 aprelya 2021 g.* [Problems of the theory and practice of teaching mathematics: a collection of scientific papers presented at the International Scientific Conference. St. Petersburg, April 21, 2021]. St. Petersburg, Russian State Pedagogical University named after A. I. Herzen Publ., 2021. Pp. 45–47 (in Russian). URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_45976622_99166085.pdf (accessed 1 March 2022).
16. Cheremisina M. I. Ispol'zovaniye vozmozhnostey dinamicheskoy sredy Geogebra v usloviyakh distantsionnogo obucheniya matematike [Using the capabilities of the Geogebra dynamic environment in the conditions of distance learning in mathematics]. *Grani poznaniya*, 2021, no. 1 (72), pp. 36–41 (in Russian). URL: <http://grani.vspu.ru/files/publics/1615014835.pdf> (accessed 1 March 2022).
17. Zolotykh N. Yu. *Kompleksnyye chisla: uchebnoye posobiye* [Complex numbers: a study guide]. Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod State University Publ., 2007. 56 p. (in Russian).

Информация об авторах

Бочкарёва Д. В., аспирант, Красноярский государственный педагогический университет им. В. П. Астафьева (ул. Ады Лебедевой, 89, Красноярск, Россия, 660049); преподаватель, Новосибирский профессионально-педагогический колледж (ул. Немировича-Данченко, 121, Новосибирск, Россия, 630048).
E-mail: danaloro13@gmail.com

Information about the authors

Bochkareva D. V., postgraduate student, Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V. P. Astafiev (ul. Ady Lebedevoy, 89, Krasnoyarsk, Russian Federation, 660049); teacher, Novosibirsk Professional Pedagogical College (ul. Nemirovicha-Danchenko, 121, Novosibirsk, Russian Federation, 630048).
E-mail: danaloro13@gmail.com

Статья поступила в редакцию 09.05.2022; принята к публикации 01.09.2022

The article was submitted 09.05.2022; accepted for publication 01.09.2022