

УДК 378.091.011.3-051:51]:004
DOI 10.31494/2412-9208-2021-1-2-187-202

STUDENT-CENTERED ORIENTATION OF COMPUTER SUPPORT FOR
THE COMPLEX ANALYSIS COURSE FOR FUTURE MATHEMATICS
TEACHERS

СТУДЕНТОЦЕНТРОВАНИСТЬ КОМП'ЮТЕРНОЇ ПІДТРИМКИ
НАВЧАННЯ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛІЗУ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ
МАТЕМАТИКИ

Natalia VAHINA,
Candidate of Pedagogical Sciences,
Associate Professor

Наталія ВАГІНА,
кандидат педагогічних наук,
доцент

nastvah@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0001-8147-6622>

Valery KOVALENKO,
Candidate of Physical and
Mathematical Sciences

Валерій КОВАЛЕНКО,
кандидат фізико-математичних
наук

vmkovalenko@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0001-8258-2945>

Oľha ONUFRIIENKO,
Candidate of technical sciences,
Associate Professor

Ольга ОНУФРІЄНКО,
кандидат технічних наук,
доцент

onufrienko15@outlook.com

<https://orcid.org/0000-0001-5508-1969>

*Berdiansk State Pedagogical
University*
✉ 4, Schmidta St., Berdiansk,
Zaporizhzhia region,
71100

*Бердянський державний
педагогічний університет*
✉ вул. Шмідта, 4
м. Бердянськ, Запорізька обл.,
71100

*Original manuscript received: July 30, 2021
Revised manuscript accepted: September 20, 2021*

ABSTRACT

The article sets forth the author's views on the directions and means of implementing the principles of student-centered approach in the fundamental mathematical education of future mathematics teachers, with the emphasis on computer support as one of the key factors in the formation of digital competence and meeting learning requests and needs of students.

The importance of the problem is determined by the need to identify ways to build methodological systems of student-centered education for students of higher pedagogical institutions, in the context of digitalization of educational space and the specifics of the profession and individual disciplines.

The authors of the study made an attempt to highlight the theoretical, organizational and technological aspects of the use of the complex number formula calculator CaRevolJet and mathematics computing environment Maple for the complex analysis course in order to develop digital and methodological competencies

of future mathematics teachers.

The research involved the use of such theoretical and empirical methods as a systematic analysis of scientific and pedagogical sources, European and national recommendations and regulations for the implementation of the updated concept of student-centered learning and the formation of digital competence of the teacher; examination of published materials with insights into pedagogical experience on the research problem; pedagogical observation on the basis of Berdyansk State Pedagogical University (Berdyansk, Ukraine), interviews and surveys of students.

The article provides detailed guidelines for the use of CaRevoJet and Maple in solving various types of practical problems of complex analysis, determining the place of this activity in the overall structure of the educational process and establishing links with the future profession.

Positive results of approbation of the developed materials in the basic institution of higher education allow determining the prospects of further scientific research in the chosen direction on the basis of what has been achieved.

Key words: student-centered learning, future mathematics teacher training, computer support for complex analysis, CaRevoJet, Maple.

Вступ. В умовах модернізації системи педагогічної вищої освіти України актуальність проблеми комп'ютерної підтримки курсу комплексного аналізу для майбутніх учителів математики зумовлюється кількома чинниками, серед яких можна виділити орієнтування на реалізацію принципів студентоцентризму в побудові інноваційного освітнього простору та потреби формування й розвитку цифрової компетентності здобувачів, яка забезпечує їхню здатність творчо використовувати в професійній діяльності інформаційно-комунікаційні технології, електронні засоби навчання та спеціальні цифрові ресурси (програми, пакети, системи комп'ютерної математики). Виділення зазначених чинників як провідних засновується на суперечностях між:

- переважно традиційним характером викладання в педагогічному ЗВО фундаментальних математичних дисциплін, комплексного аналізу зокрема, та можливостями інноваційних змін цього характеру;

- наявністю доволі широкого кола комп'ютерного інструментарію, придатного для розв'язання багатьох практичних задач комплексного аналізу, та відсутністю науково обґрунтованих рекомендацій щодо навчання його інтегрованого застосування в процесі підготовки майбутнього вчителя/викладача;

- законодавчо затвердженою спрямованістю на побудову систем студентоцентрованого навчання здобувачів вищої освіти (Закон України, 2019) та потребами визначення шляхів і засобів її реалізації на практиці з урахуванням специфіки фаху та окремих навчальних дисциплін.

Важливими кроками для імплементації оновленої концепції студентоцентризму в навчанні стала розробка проекту Тьюнінг, спрямованого на гармонізацію освітніх структур у Європі, а також стандартизація підходів до забезпечення якості в Європейському просторі вищої освіти. Так, у (Вступне Слово до Проекту Тьюнінг, 2006:

10) наголошується на тому, що визнання центром уваги студента передбачає орієнтованість на кінцевий результат підготовки із урахуванням думок внутрішніх і зовнішніх зацікавлених сторін і вирішення питань щодо приділення уваги конкретним загальним і спеціальним компетентностям для відповідної предметної області. Документом (Стандарти і Рекомендації, 2015: 11) при запровадженні студентоцентрованого навчання рекомендується поважати та враховувати різноманітність студентів та їх потреби, уможливлючи гнучкі навчальні траєкторії; використовувати різноманітні педагогічні методи; підтримувати відчуття автономності у того, хто навчається, забезпечувати йому відповідний супровід і підтримку з боку викладача; приділяти належну увагу процедурам оцінювання для прогресу студентів та їх майбутньої кар'єри. У наукових працях останніх п'яти років чітко простежується зорієнтованість на розвиток ідей реалізації принципів студентоцентризму в різних аспектах і складових освітнього процесу. Наприклад, у (Мищенко&Стадник, 2017) наводиться ґрунтовний аналіз теоретико-методологічних основ організації студентоцентрованого навчання в європейському та вітчизняному освітньому просторі; у (Бойко, 2019) висвітлюється теоретичне підґрунтя та досвід реалізації студентоцентрованого навчання в системі управління якістю професійної підготовки майбутнього вчителя в Тернопільському національному педагогічному університеті імені Володимира Гнатюка (Україна); праці (Скляр, 2016) і (Вагіна, 2021) присвячені специфіці формувального та підсумкового контролю й оцінювання результатів навчальної діяльності здобувачів, а у (Заборовська&Дмитрієнко, 2020: 61) увага концентрується на проблемах організації самостійної роботи в студентоцентрованій моделі навчання, які потребують адекватного вирішення. На нашу думку, проведений аналіз вищенаведених та інших наукових розвідок останнього часу дозволяє виділити такі загальні напрями та чинники забезпечення студентоцентрованої спрямованості професійної підготовки здобувачів вищої освіти: забезпечення суб'єкт-суб'єктної освітньої взаємодії, умотивоване залучення здобувачів до активної участі в організації освітнього процесу та моніторингових процедур; підтримка вільного вибору здобувачами власних навчальних траєкторій; сумісна праця викладачів і студентів над удосконаленням освітніх програм; сприяння ефективному функціонуванню освітнього середовища через використання найкращих традиційних та інноваційних освітніх і педагогічних технологій, створення доступного якісного навчально-методичного та ресурсного забезпечення, інформатизацію навчання з наданням пріоритету методам інтерактивної взаємодії та з урізноманітненням видів творчих і навчально-дослідницьких завдань. Усе це забезпечує належні передумови для відповідної орієнтації всіх компонентів навчальних планів професійної підготовки майбутніх здобувачів педагогічної вищої освіти з предметною

спеціалізацією «математика», включаючи таку фундаментальну дисципліну, як комплексний аналіз.

Важливим трендом на сучасному етапі розвитку високотехнологічного суспільства виступає діджиталізація всіх сфер суспільних відносин, включаючи освіту, що зумовлює привернення уваги до формування цифрової компетентності вчителя як одного з ключових агентів змін. В описі концептуальної еталонної моделі системи цифрової компетентності громадян DigComp 2.0 (R. Vuorikari, Y. Punie, S. Carretero Gomez & G. Vanden Brande, 2016: 21) проведено зіставлення сфер компетентності DigComp із ESCO-European Skills /Competences, qualifications and Occupations (Європейські навички/компетентності, кваліфікація та професії), де до компетентностей DigComp віднесено 5 категорій: інформація та уміння працювати з даними, комунікація та співробітництво, створення цифрового контенту, безпека, розв'язання проблем, а до відповідних наскрізних навичок щодо ІКТ в ESCO: обробка цифрових даних, цифрова комунікація, створення контенту за допомогою програмного забезпечення ІКТ, безпека ІКТ, розв'язання проблем за допомогою засобів і апаратного забезпечення ІКТ. Це створює підстави для визначення напрямів формування цифрових компетентностей учительства, причому у багатьох країнах ЄС в основу програм підвищення кваліфікації педагогів покладено саме систему DigComp. В українському документі (Проект Цифрова Адженда України, 2016) деталізуються тлумачення п'яти блоків компетенцій за оновленим фреймворком DigComp 2.0, де в блоці 5 (вирішення проблем) компетентність 5.3 передбачає «креативне користування, або вміння завдяки цифровим технологіям створювати знання, процеси та продукти індивідуально або колективно з метою вирішення повсякденних життєвих та професійних проблем і т.д.» (Проект Цифрова Адженда України, 2016: 18-19). На наш погляд, ця компетентність (поряд з іншими доцільними) має обов'язково формуватися в майбутніх педагогів-математиків у процесі фундаментально-предметної підготовки. Така позиція цілком узгоджується з висновками досліджень, які безпосередньо стосуються проблем створення і впровадження комп'ютерно-орієнтованих методичних систем навчання математики та визначення ефективності їх впливу на розвиток творчості учнів/студентів і підвищення результативності навчання (М. Жалдак, Ю. Горшко, В. Горох, А. Грохольська, М. Друшляк, О. Жильцов, О. Зеленяк, Т. Крамаренко, С. Раков, В. Ракута, О. Семеніхіна, С. Семеріков, О. Співаковський, Ю. Триус та ін.).

У плані комп'ютеризації навчання дій над комплексними числами в старшій школі та вивчення теорії функцій комплексної змінної у ЗВО дуже популярним засобом, судячи за кількістю різноманітних оприлюднених матеріалів, є пакет динамічної математики GeoGebra, який сумісний із багатьма операційними системами, має зручний інтерфейс і є загальнодоступним Інтернет-ресурсом. Дослідниці (М. Кислова, 2013), (Є. Єрілова, 2018) розглядають GeoGebra як

інструмент створення інтерактивних динамічних моделей у процесі вивчення студентами інженерних спеціальностей комплексних чисел у курсі вищої математики. За Т. Поліщук (2021), ПДМ GeoGebra має розглядатися ефективним засобом формування цифрової компетентності майбутніх педагогів-математиків. Цією авторкою аналізуються підходи щодо тлумачення загального поняття «цифрова компетентність» та поняття «цифрова компетентність вчителя», визначаються переваги та можливості використання ПДМ GeoGebra при вивченні дисципліни «Комплексний аналіз» із наведенням прикладів різних типів і детальними методичними коментарями (Т. Поліщук, 2021). Окрім цього, на просторах Інтернету можна ознайомитися з аналогічною практикою застосування цього програмного засобу в численних блогах учителів, а також отримати професійну відеоконсультацію на YouTube. Проте, орієнтація на студентоцентрованість освітнього процесу, активне просування в педагогічних ЗВО технологій дистанційного/змішаного навчання, наявність різних програмних продуктів, придатних для використання при вивченні теорії функцій комплексної змінної, роблять доцільним дослідження можливостей урізноманітнення засобів комп'ютеризації навчання цієї навчальної дисципліни.

Метою дослідження є розкриття процесуально-методичних аспектів реалізації комп'ютерної підтримки курсу комплексного аналізу в умовах студентоцентрованої підготовки майбутніх учителів математики із застосуванням технологій дистанційної освітньої взаємодії та програмних засобів CaRevolJet і Maple.

Завдання дослідження полягали у визначенні організаційно-педагогічних передумов і виділенні засобів, які забезпечують реалізацію принципів студентоцентризму при вивченні комплексного аналізу у педагогічному університеті в умовах інформатизації освітнього простору; в обґрунтуванні доцільності використання для розвитку цифрових і методичних компетентностей майбутніх учителів математики таких програмних продуктів, як формульний калькулятор комплексних чисел CaRevolJet і система комп'ютерної математики Maple.

Методи та методики дослідження: системний аналіз науково-педагогічних джерел, європейських і вітчизняних рекомендаційних і нормативних документів щодо впровадження студентоцентрованого навчання та формування цифрової компетентності вчителя/викладача; вивчення оприлюдненого педагогічного досвіду з проблеми дослідження; педагогічне спостереження, співбесіди та опитування здобувачів.

Результати та дискусії. Методологічними основами проведеного дослідження слугували положення концепції студентоцентрованого навчання, рекомендації щодо формування цифрової компетентності вчителя, теоретико-методичні основи створення комп'ютерно-орієнтованих систем навчання математики.

На наш погляд, в умовах підвищення питомої ваги технологій дистанційного/змішаного, мобільного навчання в інформаційному освітньому просторі сучасного педагогічного університету реальними

засобами забезпечення студентоцентрованої спрямованості курсу комплексного аналізу є:

- чинники мотиваційного впливу (прикладне значення цього розділу математики; потреби освітнього та фахового характеру, що стосуються продовження навчання в магістратурі та перспектив майбутньої професійної діяльності в закладах загальної середньої або вищої освіти; можливості вдосконалення навичок використання цифрових ресурсів Інтернету та роботи в комп'ютерних середовищах спеціального призначення);

- залучення до проєктування змісту навчальної програми дисципліни зовнішніх стейкхолдерів, у першу чергу – випускників освітньої програми Середня освіта (математика), врахування їхніх побажань щодо підвищення професійної спрямованості змісту навчання шляхом встановлення зв'язків зі шкільним курсом алгебри і початків аналізу для профільних класів, де вивчається тема «Комплексні числа»;

- розміщення навчально-методичного забезпечення дисципліни на ЕПН Moodle (або іншій платформі електронного навчання), з яким здобувачі можуть самостійно працювати в індивідуальному темпі і стилі в зручний для них час і спосіб (наприклад, за допомогою мобільних пристроїв);

- забезпечення обізнаності в рекомендованій літературі, інформаційних ресурсах для підтримки та підвищення рівня автономності здобувачів;

- використання технологій електронного тестування для проведення тренінгових і контрольних заходів;

- проведення очних, дистанційних, індивідуальних і групових консультацій, розширення форматів синхронної/асинхронної взаємодії;

- залучення здобувачів до участі в моніторингових процедурах, формульованому та підсумковому оцінюванні, прищеплення навичок взаємо- та самоконтролю (у тому числі з використанням комп'ютерних засобів), а також навичок рефлексивних дій;

- навчання різних способів і використання різних засобів розв'язування практичних задач комплексного аналізу, що забезпечує відповідні можливості їх вибору та варіювання здобувачами;

- надання переваг методам і технологіям проблемного, інтерактивного навчання (метод мозкового штурму, робота в парах, ротаційних трійках та ін.);

- контекстна пропедевтика методичних знань й умінь, тобто контекстне навчання реалізації такої складової методики навчання математики, яка відповідає на запитання «як навчати?» та готує здобувачів до майбутньої професійної діяльності на основі спостереження дій викладача та сумісної участі в освітньому процесі;

- використання в проведенні занять комп'ютерного унаочнення, засобів хмарних обчислень для кращого сприйняття навчального матеріалу та позбавлення рутинних операцій;

- передбачення в робочій програмі/силабусі індивідуальних творчих завдань із наданням права їх вільного вибору здобувачами;

- завчасне ознайомлення здобувачів із програмними результатами навчання та критеріями оцінювання навчальних досягнень;

- постійна спільна робота з дотримання встановленого графіку вивчення дисципліни та недопущення порушень норм академічної доброчесності; забезпечення прозорості та об'єктивності оцінювання, що є дієвими чинниками впливу на розвиток відповідальності здобувачів за результати власної діяльності;

- врахування при розробці дизайну курсу оприлюднених результатів анкетування здобувачів щодо їхніх ставлень та оцінок рівня організації вивчення дисципліни та діяльності викладача і визначення напрямів вдосконалення освітньої взаємодії по ланках «викладач – студент», «викладач – студенти» (таке анкетування в Бердянському державному університеті організується та проводиться навчальним відділом наприкінці кожного семестру);

- розробка варіативних компонентів навчання у вигляді інтегрованих вибіркових курсів спорідненої тематики (приміром, «Прикладні задачі комплексного аналізу», «Комп'ютерне моделювання реальних явищ і процесів») задля поглиблення набутих знань і підтримки власних освітніх траєкторій здобувачів.

Головні завдання формування цифрової компетентності майбутніх учителів математики в межах системи студентоцентрованого навчання полягають у забезпеченні таких інтересів і потреб здобувачів, як інтерес до здобуття конкурентоспроможної освіти, забезпечення готовності до самостійної фахової діяльності, інтерес до засобів цифрової комунікації та програмних засобів розв'язування навчальних задач. Це не тільки характеризує сьогоденне студентське покоління Z, а й виступає вимогою часу, що прискорює інформаційно-цифрову перебудову систем професійної підготовки. Сприятливим чинником у задоволенні освітніх очікувань нинішніх студентів є помітне збільшення пропозицій на ринку програмних продуктів навчального призначення та якісна модифікація відомих засобів, зокрема поява нових версій формульного калькулятора CaRevolJet (The Calculator of Complex Numbers CaRevolJet, 2021) і програмного пакета Maple (What's New in Maple, 2021). Детальніше розглянемо їх дидактичні можливості з наведенням прикладів та з визначенням місця використання в процесі вивчення комплексного аналізу в педагогічному ЗВО.

Калькулятор комплексних чисел CaRevolJet

За допомогою формульного калькулятора CaRevolJet (рис. 1) можна виконувати всі дії з комплексними числами, обчислювати функції від комплексних аргументів, виконувати розрахунки складних формул. Ця програма може використовуватись і як звичайний інженерний калькулятор. Вона має вмонтований набір констант, які часто використовуються в математиці, фізиці, хімії. Розмірності констант подаються в системі СІ (метр, секунда, кілограм, ампер, кельвін, моль, кандела).



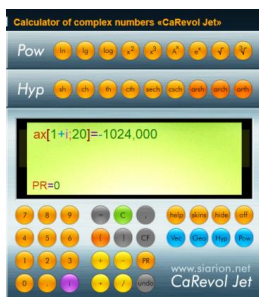
Рис. 1. Формульний калькулятор CaRevolJet (світлина з ресурсу <https://www.siarion.net/eng/free/carevoljet/>)

CaRevolJet реалізує:

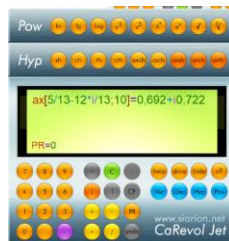
- арифметичні функції (додавання, віднімання, множення, ділення);
- векторні функції (обчислення модуля й аргументу комплексного числа, аргумент комплексного числа обчислюється в радіанах);
- тригонометричні функції (синус, косинус, тангенс, котангенс, секанс, косеканс комплексного числа, поданого в алгебраїчній формі);
- гіперболічні функції (гіперсинус, гіперкосинус та ін.);
- степеневі функції (комплексне число в квадраті, корені квадратні і кубічні з комплексних чисел);
- показникові функції (число e в комплексному степені, комплексне число в комплексному степені);
- логарифмічні функції (натуральні та десяткові логарифми від комплексних чисел);
- обернені тригонометричні функції комплексного аргументу;
- обернені гіперболічні функції комплексного аргументу (*The Calculator of Complex Numbers CaRevolJet*, 2021).

Приклад1. Розв'язання обчислювальних задач за допомогою CaRevolJet

1.1. Обчисліть $(1+i)^{20}$.



1.2. Знайдіть значення виразу: $\left(\frac{5}{13} - \frac{12}{13}i\right)^{10}$.



Відповідь: -1024.

Відповідь: $0,692 + 0,722i$ (з точністю до тисячних).

1.3. Знайдіть значення

виразу: $\frac{(1-i)^{14}}{(1+\sqrt{3}i)^9}$.

Відповідь: $1,559 \cdot 10^{-19} - 0,25i$

(наближене значення).



Приклад 2. Покрокове розв'язання задачі на знаходження модуля та аргументу комплексного числа $z = -2 + 2i$

1) Знаходження модуля:



Відповідь: $\approx 2,828$.

2) Обчислення аргументу (в радіанах):



Відповідь: $\approx 2,356$.

3) Обчислення аргументу (в градусах):



Відповідь: 135° .

Приклад 3. Обчислення значення заданої функції $w = f(z)$ у вказаній точці z_0 .

3.1 $w = \operatorname{Ln} z$, $z_0 = -1 + 2i$



Відповідь: $0,805 + 2,034i$.

3.2 $w = 1/\cos z$, $z_0 = \pi + \pi i$



Відповідь: $-0,086$.

Місце можливого використання калькулятора CaRevolJet при вивченні курсу комплексного аналізу:

- на лекційних заняттях з ознайомлювальними та демонстраційними цілями, для з'ясування та обговорення факту отримання дійсного числа у результаті дій над комплексними числами;

- на практичних заняттях при розв'язуванні вправ, коли виконавець спочатку розв'язує завдання аналітично в зошиті, а потім здійснює повну або вибіркочку перевірку за допомогою калькулятора (вдосконалення техніки обчислювань, формування навичок самоконтролю, самооцінювання, рефлексії);

- на практичних заняттях з метою організації взаємоконтролю (робота в парах) з обговоренням результатів взаємоперевірки та з усуненням помилок у разі їх наявності (вдосконалення техніки обчислювань, формування комунікативних умінь, навичок взаємоконтролю, рефлексії);

- у процесі самостійного виконання творчих завдань.

Використання системи комп'ютерної математики Maple

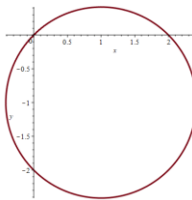
СКМ Maple є поширеним засобом комп'ютерної підтримки навчання різних математичних дисциплін у сучасних педагогічних ЗВО (алгебра і теорія чисел, лінійна алгебра, математичний аналіз тощо), що дозволяє, не витрачаючи зайвого часу на ознайомлення з її технологічними особливостями, швидко переходити до розв'язування специфічних задач окремих курсів і розділів математики. Для комплексного аналізу є задачі на побудову зображень на комплексній площині, обчислення значень виразів, які містять комплексні числа, обчислення значень функцій комплексної змінної в заданих точках, знаходження модуля та аргументу комплексного числа, перевірку диференційованості функцій тощо. Проілюструємо це на прикладах.

Приклад 4. Зобразить на комплексній площині всі числа z , які задовольняють умову $\operatorname{Re} \frac{1}{z} + \operatorname{Im} \frac{1}{z} = \frac{1}{2}$ (Мерзляк, Номіровський,

Полонський&Якір, 2019: 216).

Розв'язання

```
> with(plots):  
> z := x + I*y:  
> implicitplot(Re(1/z) + Im(1/z) = 1/2, x=-4..4, y=-4..4, thickness = 3, numpoints = 10000);
```



Використані команди СКМ Maple: with(plots) – приєднує пакет побудови графіків plots; implicitplot(F(x,y)=0, x=a..b, y=c..d, options) –

будує графік неявно заданої функції $F(x, y) = 0$ в прямокутній області $a \leq x \leq b, c \leq y \leq d$.

Приклад 5. Обчисліть значення функції $w = f(z)$ у вказаній точці z_0 , якщо

$$1) w = \operatorname{Ln} z, z_0 = -1 + 2i; \quad 2) w = 1 / \cos z, z_0 = \pi + \pi i.$$

Розв'язання. Для перетворення виразу z з комплексними числами використовується команда `evalc(z)` зі стандартної бібліотеки `Maple`.

```
> evalc(ln(-1 + 2*I));
```

$$\frac{1}{2} \ln(5) + I(-\arctan(2) + \pi)$$

```
> evalc(1/cos(Pi + Pi*I));
```

$$-\frac{1}{\cosh(\pi)}$$

Приклад 6. Виділіть дійсну та уявну частини функції $w = \frac{z+i}{z-i}$.

Розв'язання. Знаходимо уявну частину функції w за допомогою команди `Im(w)`:

```
> z := x + I*y;
```

$$z := x + Iy$$

```
> evalc(Im(z/(z-I)));
```

$$\frac{(y+1)x}{x^2 + (y-1)^2} - \frac{x(y-1)}{x^2 + (y-1)^2}$$

```
> simplify(%);
```

$$\frac{2x}{x^2 + (y-1)^2}$$

Знаходимо дійсну частину функції w за допомогою команди `Re(w)`:

```
> z := x + I*y;
```

$$z := x + Iy$$

```
> evalc(Re(z/(z-I)));
```

$$\frac{x^2}{x^2 + (y-1)^2} + \frac{(y+1)(y-1)}{x^2 + (y-1)^2}$$

```
> simplify(%);
```

$$\frac{x^2 + y^2 - 1}{x^2 + y^2 - 2y + 1}$$

Для спрощення виразів у Maple використовується стандартна команда `simplify`, при цьому зручно використовувати символ `%` для виклику попередньої команди.

Приклад 7. Перевірити виконання умов Коші-Рімана для функції

$$f(z) = z^3 - i.$$

Розв'язання

1) знаходимо дійсну та уявну частину функції:

$$\text{> } f := z \rightarrow z^3 - i;$$

$$f := z \rightarrow z^3 - i$$

$$\text{> } \text{evalc}(\text{Re}(f(z)));$$

$$x^3 - 3xy^2$$

$$\text{> } u := (x, y) \rightarrow x^3 - 3 \cdot x \cdot y^2;$$

$$u := (x, y) \rightarrow x^3 - 3xy^2$$

$$\text{> } \text{evalc}(\text{Im}(f(z)));$$

$$3x^2y - y^3 - 1$$

$$\text{> } v := (x, y) \rightarrow 3 \cdot x^2 \cdot y - y^3 - 1;$$

$$v := (x, y) \rightarrow 3x^2y - y^3 - 1$$

2) перевіряємо виконання умов Коші-Рімана $\left(\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y}, \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial v}{\partial x}\right)$:

$$\text{> } \text{evalb}(\text{diff}(u(x, y), x) = \text{diff}(v(x, y), y));$$

true

$$\text{> } \text{evalb}(\text{diff}(u(x, y), y) = -\text{diff}(v(x, y), x));$$

true

Команда `evalb(eq)` перевіряє, чи є булеве співвідношення `eq` істинним (`true`) або хибним (`false`).

Відповідь: умови Коші-Рімана виконуються.

Розглянуті вище приклади, на наш погляд, достатньо повно демонструють можливості використання інженерного калькулятора `CaRevolJet` і `СКМ Maple` для встановлення зв'язків із шкільним курсом алгебри і початків аналізу та розв'язування типових і нестандартних задач комплексного аналізу. Основні труднощі, з якими стикаються студенти бакалаврату при вивченні цієї дисципліни, виникають у зв'язку з введенням складних абстрактних понять (поняття комплексного числа, множини комплексних чисел, комплексної площини та ін.), візуальними уявленнями їх властивостей та використанням специфічних прийомів при дослідженні функцій комплексної змінної. Використання комп'ютерної підтримки значно полегшує процес свідомого засвоєння навчального матеріалу, що підтвердили результати спостережень за діяльністю здобувачів і співбесіди з ними. Крім цього, не можна

недооцінювати роль широкої інформатизації навчання у формуванні цифрової компетентності в тих, хто навчається, а також можливостей їх контекстної підготовки до вивчення методики поглибленого навчання математики, яка викладається в магістратурі й готує здобувачів до роботи в старшій профільній школі. Отже, центром уваги при такому підході є майбутній педагог-математик із урахуванням його освітніх запитів, інтересів та потреб.

Висновки. В умовах модернізації системи професійного навчання здобувачів першого рівня вищої освіти зі спеціальності 014 Середня освіта (Математика) політикою курсів загальної і професійно-практичної підготовки має стати студентоцентроване навчання. У статті зроблено спробу виділити комплекс засобів забезпечення студентоцентрованої спрямованості курсу комплексного аналізу з урахуванням досвіду авторів і приділенню особливої уваги комп'ютерній підтримці дисципліни з використанням формульного калькулятора CaRevolJet і СКМ Maple. Позитивні результати апробації розроблених матеріалів на базі Бердянського державного педагогічного університету роблять доцільним продовження дослідження за обраним напрямом і підготовку електронного посібника для самостійної роботи студентів.

Література

Бойко М. М. Студентоцентроване навчання в процесі управління якістю професійної підготовки майбутнього вчителя. *Science Rise : Pedagogical Education*. 2019. № 4 (31). С. 41-45.

Вагіна Н. С. Проведення заліків в умовах студентоцентрованого навчання майбутніх учителів математики. *Науково-дослідна робота в системі підготовки фахівців-педагогів у природничій, технологічній і комп'ютерній галузях*: матеріали VIII Всеукраїнської (з міжнародною участю) науково-практичної конференції (Бердянськ, 16-17 вересня 2021 р.). Бердянськ : БДПУ. С. 50-52.

Вступне слово до Проекту Тьюнінг – гармонізація освітніх структур в Європі. Внесок університетів у Болонський процес (2006). URL: https://www.unideusto.org/tuningeu/images/stories/documents/General_Brochure_Ukrainian_version.pdf (дата звернення 20.08.2021).

Ерилова Е. Н. Применение ИГС GeoGebra при изучении высшей математики студентами инженерных специальностей и направлений подготовки // Научное и образовательное пространство: перспективы развития: материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 15 янв. 2018 г.) / редкол.: О. Н. Широков [и др.] – Чебоксары : ЦНС «Интерактив плюс». URL: https://interactive-plus.ru/ru/article/468403/discussion_platform (дата звернення 26.08.2021).

Заборовська С. В., Дмитрієнко Н. Ф. Самостійна робота в просторі студентоцентрованої моделі навчання. *Студентоцентрований навчальний процес як запорука забезпечення якості вищої медичної освіти*: матеріали LIII навч.-метод. конф. ХНМУ (Харків, 29 січня 2020 р.). Харків : ХНМУ. Вип. 10. URL: <http://repo.knmu.edu.ua/bitstream/123456789/25687/2020.pdf> (дата звернення 21.08.2021).

Закон України «Про внесення змін до деяких законів України щодо вдосконалення освітньої діяльності у сфері вищої освіти» : прийнятий 18 грудня 2019 р. №392-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/392-20#Text> (дата звернення 20.08.2021).

Кислова М. GeoGebra – засіб створення динамічних моделей в навчальному середовищі. Наукові записки. Випуск 4. Серія : Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. Частина 2. Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка. 2013. С. 36-40.

Мерзляк А. Г., Номіровський Д. А., Полонський В. Б., Якір М. С. Комплексні числа. *Алгебра і початки аналізу: початок вивчення на поглиб. рівні з 8 кл.: профільний рівень: підручник для 11 кл. закладів загальної середньої освіти*. Х. : Гімназія. 2019. – 304 с. : іл.

Мищенко Т. О., Стадник Н. В. Студентоцентричне навчання як вектор розвитку гуманітарної парадигми освіти. *Оновлення змісту, форм та методів навчання і виховання в закладах освіти*. Вип. 17. С. 32-37. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ozfm_2017_17_11 (дата звернення 21.08.2021).

Поліщук Т. В. Geogebra як ефективний засіб формування цифрової компетентності майбутніх учителів математики під час вивчення курсу «Комплексний аналіз». *Актуальні питання природничо-математичної освіти*. Збірник наукових праць. №1(17). Суми : СумДПУ імені А. С. Макаренка. 2021. С. 144-153.

Проект Цифрова адженда України – 2020 («Цифровий порядок денний» – 2020). Концептуальні засади (версія 1.0). (2016). URL: <https://cutt.ly/WhOU6xo> (дата звернення 21.08.2021).

Скляр І. Д. Оцінювання у студентоцентризованій моделі. *Студентоцентризм у системі забезпечення якості освіти в економічному університеті*: матеріали всеукр. наук.-метод. конф. з міжнар. участю (Київ, 2-3 берез. 2016 р.). Київ : KHEU. URL: <https://ir.kneu.edu.ua/bitstream/handle/2010/17639/42-43.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (дата звернення 22.08.2021).

Стандарти і рекомендації щодо забезпечення якості в Європейському просторі вищої освіти (ESG). Ухвалено Міністерською конференцією в Єревані, 14-15 травня 2015 р. URL: https://www.britishcouncil.org.ua/sites/default/files/standards-and-guidelines_for_qa_in_the_hea_2015.pdf (дата звернення 20.08.2021).

The calculator of complex numbers CaRevolJet. URL: <https://www.siarion.net/eng/free/carevoljet/> (дата звернення 26.04.2021).

Vuorikari, R., Punie, Y., Carretero Gomez S., Van den Brande, G. (2016). DigComp 2.0: The Digital Competence Framework for Citizens. Update Phase 1: The Conceptual Reference Model. Luxembourg Publication Office of the European Union. EUR 27948 EN. doi:10.2791/11517.

What's New in Maple 2021. URL: https://www.maplesoft.com/products/maple/new_features/ (дата звернення 01.09.2021).

References

Boiko, M. M. (2019). Studentotsentrovane navchannia v protsesi upravlinnia yakistiu profesiinoi pidhotovky maibutnoho vchytelia [Student-centered learning in the process of quality management of professional training of future teachers]. *Science Rise: Pedagogical Education*, 4 (31), 41-45. [in Ukrainian].

Vahina, N. S. (2021). Provedennia zalikov v umovakh studentotsentrovanooho navchannia maibutnix uchyteliv matematyky [Conducting tests in the conditions of student-centered training of future mathematics teachers], *Naukovo-doslidna robota v systemi pidhotovky fakhivtsiv-pedahohiv u pryrodnychii, tekhnolohichnii i kompiuternii haluziakh*, materialy VIII Vseukrainskoi (z mizhnarodnoiu uchastiu) naukovo-praktychnoi konferentsii [Research work in the system of training specialists-teachers in natural, technological and computer fields, Proceedings of the 8th All-Ukrainian (with international participation) Scientific and Practical Conference], Berdiansk [in Ukrainian].

Vstupne slovo do Proektu Tiuninh – harmonizatsiia osvितnikh struktur v Yevropi. Vnesok universytetiv u Bolonskyj protses [Introductory word to the Tuning

Project – harmonization of educational structures in Europe. The contribution of universities to the Bologna Process]. (2006). Retrieved from https://www.unideusto.org/tuningeu/images/stories/documents/General_Brochure_Ukrainian_version.pdf [in Ukrainian].

Erylova, E. N. (2018). Prymenenye YHS GeoGebra pry yzuchenyy vysshei matematyky studentamy yzhenenennykh spetsyalnostei y napravlenyy podhotovky [Application of IGS GeoGebra in the study of higher mathematics by students of engineering specialties and areas of training], *Nauchnoe y obrazovatelnoe prostranstvo: perspektyvy razvytyia*, materyaly VII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. [Scientific and educational space: prospects for development, Proceedings of the 7th International Scientific and Practical Conference], Cheboksary. Retrieved from https://interactive-plus.ru/ru/article/468403/discussion_platform [in Russian].

Zaborovska, S. V., & Dmytrienko, N. F. (2020). Samostiina robota v prostori studentotsentrovanoi modeli navchannia [Independent work in the space of student-centered model of learning], *Studentotsentrovanyi navchalnyi protses yak zaporuka zabezpechennia yakosti vyshchoi medychnoi osvity*, materialy LIII navchalno-metodychnoi konferentsii [Student-centered educational process as a guarantee of quality assurance in higher medical education, Proceedings of the 53th teaching method. conference], Kharkiv. Retrieved from http://repo.knmu.edu.ua/bitstream/123456789/25687/_2020.pdf [in Ukrainian].

Law of Ukraine On Amendments to Certain Laws of Ukraine on Improving Educational Activities in the Sphere of Higher Education from December 18 2019, №392-IX. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/392-20#Text> [in Ukrainian].

Kyslova, M. (2013). GeoGebra – zasib stvorennia dynamichnykh modelei v navchalnomu seredovyshchi [GeoGebra is a tool for creating dynamic models in the learning environment]. *Naukovi zapysky*, 4. Seriiia : *Problemy metodyky fizyko-matematychnoi i tekhnolohichnoi osvity*, 2. Kirovohrad, RVV KDPU, 36-40.

Merzliak, A. H., Nomirovskiy, D. A., Polonskyi, V. B., & Yakir, M. S. (2019). *Kompleksni chysla. Algebra i pochatky analizu: pochatok vyvchennia na pohlyb. rivni z 8 kl.: profilnyi rivni: pidruchnyk dlia 11 kl. zakladiv zahalnoi serednoi osvity* [Complex numbers. Algebra and the beginnings of analysis: the beginning of in-depth study. levels from 8 classes: profile level: textbook for 11 classes. general secondary education institutions] Kharkiv: Himnaziia [in Ukrainian].

Mishchenko, T. O., & Stadnyk, N. V. (2017). Studentotsentrychne navchannia yak vektor rozvytku humanitarnoi paradyhmy osvity [Student-centered learning as a vector of development of the humanitarian paradigm of education]. *Onovlennia zmistu, form ta metodiv navchannia i vykhovannia v zakladakh osvity*, 17. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ozfm_2017_17_11 [in Ukrainian].

Polishchuk, T. V. (2021). Geogebra yak efektyvnyi zasib formuvannia tsyfrovoy kompetentnosti maibutnykh uchyteliv matematyky pid chas vyvchennia kursu «Kompleksnyi analiz» [Geogebra as an effective means of forming digital competence of future mathematics teachers while studying the course «Complex Analysis», *Aktualni pytannia pryrodnycho-matematychnoi osvity*. Zbirnyk naukovykh prats, 1(17), Sumy [in Ukrainian].

Proekt Tsyfrova adzhenda Ukrainy – 2020 («Tsyfrovyy poriadok denniy» – 2020). Kontseptualni zasady (versiiia 1.0). (2016). [Digital Agenda of Ukraine - 2020 project («Digital Agenda» - 2020). Conceptual principles (version 1.0)]. Retrieved from <https://cutt.ly/WhOU6xo> [in Ukrainian].

Skliar, I. D. (2016). Otsiniuvannia u studentotsentrovanii modeli [Assessment in the student-centered model], *Studentotsentryzm u systemi zabezpechennia yakosti osvity v ekonomichnomu universyteti*, materialy Vseukrainskoi (z mizhnarodnoiu uchastiu) naukovo-praktychnoi konferentsii [Student-centeredness in the quality assurance system of education at the University of Economics, Proceedings of the All-

Ukrainian (with international participation) Scientific and Practical Conference], Kyiv. Retrieved from <https://ir.kneu.edu.ua/bitstream/handle/2010/17639/42-43.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (дата звернення 22.08.2021). [in Ukrainian].

Standards and recommendations for quality assurance in the European Higher Education Area (ESG). Approved by the Ministerial Conference in Yerevan. Retrieved from https://www.britishcouncil.org.ua/sites/default/files/standards-and-guidelines_for_qa_in_the_ehea_2015.pdf [in Ukrainian].

The calculator of complex numbers CaRevoJet. Retrieved from <https://www.siarion.net/eng/free/carevoljet/>

Vuorikari, R., Punie, Y., Carretero Gomez S., Van den Brande, G. (2016). DigComp 2.0: The Digital Competence Framework for Citizens. Update Phase 1: The Conceptual Reference Model. Luxembourg Publication Office of the European Union. EUR 27948 EN. doi:10.2791/11517.

What's New in Maple 2021. Retrieved from https://www.maplesoft.com/products/maple/new_features/

АНОТАЦІЯ

У статті на прикладі комплексного аналізу розкриваються авторські погляди щодо напрямів і засобів реалізації принципів студентоцентризму в процесі фундаментальної математичної підготовки майбутніх учителів математики, з виділенням комп'ютерної підтримки навчання як одного з провідних чинників формування цифрової компетентності та забезпечення освітніх запитів і потреб здобувачів.

Актуальність порушеної проблеми зумовлюється необхідністю визначення шляхів побудови методичних систем студентоцентрованого навчання здобувачів вищої педагогічної освіти в умовах діджиталізації освітнього простору та з урахуванням специфіки фаху й окремих навчальних дисциплін.

Авторами дослідження зроблено спробу висвітлити теоретичні й організаційно-технологічні аспекти використання в процесі навчання комплексного аналізу формульного калькулятора комплексних чисел CaRevoJet і системи комп'ютерної математики Maple для розвитку цифрових і методичних компетентностей майбутніх учителів математики.

Проведення дослідження передбачало застосування таких теоретичних та емпіричних методів, як системний аналіз науково-педагогічних джерел, європейських і вітчизняних рекомендаційних і нормативних документів щодо імплементації оновленої концепції студентоцентрованого навчання та формування цифрової компетентності вчителя/викладача; вивчення оприлюдненого педагогічного досвіду з проблеми дослідження; включене педагогічне спостереження на базі Бердянського державного педагогічного університету (м. Бердянськ, Україна), співбесіди та опитування здобувачів.

У статті наведено деталізовані методичні рекомендації щодо застосування CaRevoJet і Maple при розв'язуванні різних типів практичних задач комплексного аналізу із визначенням місця цієї діяльності в загальній структурі освітнього процесу та встановленням зв'язків із майбутньою професією. Позитивні результати апробації розроблених матеріалів у базовому закладі вищої освіти дозволяють визначати перспективи подальших наукових розвідок за обраним напрямом на основі досягнутого.

Ключові слова: студентоцентроване навчання, підготовка майбутнього вчителя математики, комп'ютерна підтримка комплексного аналізу, використання CaRevoJet і Maple.