

ВИКОРИСТАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ ПАКЕТІВ ПРИКЛАДНИХ ПРОГРАМ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ МОТИВАЦІЇ ВИВЧЕННЯ МАТЕМАТИКИ У ВНЗ

У роботі досліджено доцільність застосування систем комп'ютерної математики (СКМ) при опануванні математики у ВНЗ та старшій школі. Зазначено, що використання комп'ютера на заняттях з математики дає змогу позбавити користувача від рутинних обчислень і зосередитись на найважливіших етапах розв'язування задачі: постановці задачі; виборі алгоритму розв'язання; отриманні відповіді та інтерпретації отриманої відповіді. Визначено основні переваги, що надають СКМ при застосуванні їх на уроках математики. Окремо окреслено область застосування СКМ у вищих технічних навчальних закладах, та наведено конкретні приклади тем з курсу вищої математики, де таке застосування видається найдоцільнішим. Проведено аналіз сучасного стану впровадження СКМ у навчальний процес за кордоном і в Україні, та намічені його подальші перспективи. Зазначено, що СКМ все частіше використовують у якості інструменту для контролю знань як на етапі створення тестових завдань, так і на етапах виконання завдань та їх контролю. Проаналізовано проблеми, що виникають на всіх етапах впровадження СКМ у навчальний процес, та намічено деякі шляхи їх вирішення. Як результат аналізу доцільності застосування СКМ у навчальному процесі, зроблено висновок про неухильний ріст питомої ваги СКМ у вивченні математики у школі та ВНЗ у майбутньому.

Ключові слова: Системи Комп'ютерної Математики, СКМ, СКМ у ВНЗ, СКМ у школі, обчислювальна математика, Mathematica, Maple, MATLAB, MathCad, Wolfram Alpha.

I.V. ABRAMCHUK, A.N. ROMANYUK

Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia

N.P. VELICHKO

Educational Complex №1 Nemyriv

USE OF MATHEMATICAL PACKAGES OF APPLIED PROGRAMS TO INCREASE MOTIVATION IN MATHEMATICS IN HIGHER EDUCATION

The paper examines the expediency of using CAS in mastering mathematics at universities and high schools. It is noted that the use of a computer in mathematics classes allows to deprive the user of routine calculations and focus on the most important stages of solving the problem: setting the task; choosing the solution algorithm; receiving an answer and interpreting the received answer. The main advantages provided by CAS in their application in mathematics classes are listed. The area of CAS application in higher technical educational institutions is specifically outlined, and concrete examples of topics from the higher mathematics course are presented, where such application seems most expedient. An analysis of the current state of affairs with the introduction of CAS in the educational process abroad and in Ukraine is made, and its future perspectives are outlined. The modern achievements and development of CAS type of question-answer, working in the online mode, are noted. It is noted that CAS is increasingly used as an instrument for controlling knowledge both at the stage of creating test tasks, and at stages, in fact, the execution of tasks and their control. The problems, which arise at all stages of CAS implementation in the educational process, are analyzed, and some ways of their solution are outlined. As a result of the analysis of CAS's expediency in the educational process, the conclusion is made of the steady growth of CAS's specific weight in the study of mathematics at school and in higher education in the future.

Keywords: Computer Algebra Systems, CAS, CAS in the universities, CAS in the school, computational mathematic, Mathematica, Maple, MATLAB, MathCad, Wolfram Alpha.

Вступ. Стрімкий розвиток техніки та засобів комунікації за останні десятиліття призвів до того, що матеріальний світ, який оточує сучасну людину, стає все більш високотехнологічним. Розвиток високих технологій вимагає розвитку бази знань, що можуть обслуговувати ці новітні технології, і математика, вочевидь, лежить в основі цих знань. Незважаючи на деякі песимістичні прогнози що до розвитку сучасної «чистої» теоретичної математики, що певною мірою протиставляється математиці обчислювальної, спостерігається її бурхливий розвиток: вона не просто екстенсивно розширюється, — виникають цілі нові її розділи, особливо на межі зіткнення з іншими науками. Стосовно обчислювальної математики, сучасний розвиток якої переживає справжній бум, то вона першочергово потребує точних обґрунтувань доцільності, швидкодії, оптимальності, тощо для новостворених алгоритмів. Для підготовки висококваліфікованих фахівців необхідно використовувати в навчальному процесі сучасні комп'ютерні засоби, зокрема, актуальними є питання дослідження використання математичних пакетів прикладних програм (ППП) для вивчення математики.

Аналіз літератури. Світова наука фінансується за рахунок грантів, що залучаються під певні проекти. Сьогодні великі корпорації виділяють кошти на розвиток теоретичних науки навіть у випадку, коли результати досліджень не можуть миттєво принести зиску, прагнучі бути першими у той момент, коли технологія підтягнеться до рівня теорії. У визнаних світових ВНЗ математика займає особливе місце [17], так, навіть студенти спеціальностей соціального спрямування опановують її основи.

На жаль, в Україні останніми роками ідуть зворотні процеси: нестача коштів викликає згорання великої кількості наукових проектів і цілих напрямків теоретичних досліджень. Проте одна з високотехнологічних галузей продовжує стрімко розвиватись на теренах нашої держави, — це інформаційні

технології (ІТ). Так, у 2016 році Україна: зайняла перше місце у Європі [23] і, за різними оцінками, друге — четверте місце в світі за кількістю фахівців в ІТ-сфері; українські студентські команди займають призові місця на різних етапах міжнародних олімпіад з програмування, а Україна виборола право проведення світового фіналу 2022. Такі успіхи України закріпили за нею репутацію надійного світового постачальника аутсорс-послуг. Підготовка висококваліфікованого ІТ спеціаліста вочевидь пов'язана з його ґрунтовною математичною освітою, остов якої закладається ще в школі і продовжується у ВНЗ.

Однією з причин стрімкого розвитку технологій було виникнення та подальший розвиток обчислювальної техніки, що спонукав до розвитку нових типів програмного забезпечення, серед яких постійне і вагоме місце знайшли системи комп'ютерної математики (СКМ). За тлумаченнями В.П. Дьяконова [3], СКМ можна визначити як сукупність теоретичних, методичних, алгоритмічних, апаратних і програмних засобів, які призначені для ефективного розв'язування за допомогою комп'ютерів широкого кола математичних задач з високим ступенем візуалізації всіх етапів обчислень.

Зараз системи комп'ютерної математики (професійного призначення стають потужними засобами діяльності як професійних математиків, так і тих, хто використовує математику для побудови й дослідження математичних моделей у різних предметних галузях, зокрема, й в системі освіти [13].

Серед всього різноманіття СКМ, для освітніх цілей, на нашу думку, найбільш підходять універсальні СКМ (за класифікацією Дьяконова В.П. [3]), до найпотужніших серед них впевнено можна віднести *Maple* [18], *Mathematica* [19], *MATLAB* [20], *MathCad* [21]. Кожний з цих програмних продуктів є справді універсальним, поєднує обчислювальну математику з найширшими можливостями символічних перетворень та найдосконалішої графіки і може розширяти свої можливості за рахунок підключення різноманітних бібліотек і пакетів, інтегрування з іншими програмами, виходу в Internet.

На сайті *MATLAB* [20] так описуються його можливості: *MATLAB* використовують для аналізу та проектування систем і продуктів, Він придатний для машинного навчання, обробки сигналів, обробки зображень, комп'ютерного зору, зв'язку, фінансових обчислень, контролю проектування, робототехніки, і багато іншого.

Практично такими ж універсальними є решта з названих СКМ.

Нагальні потреби сучасного життя, розвиток обчислювальної техніки, поява цілої низки математичних пакетів диктують зміни в побудові і вивченні курсів математики як в школі, так і в ВНЗ. Особливо гостро стоїть ця задача у вищій школі: обмежена кількість навчальних годин, з одного боку, і зростаючий потік інформації, з іншого боку, можуть призвести не тільки до необґрунтованого скорочення курсу математики в вузах, а й до відсутності навичок роботи з математичними пакетами, що, до жаль, позначається на професійній підготовці майбутніх інженерів і вчених для роботи на сучасному рівні [15].

Бурхливий розвиток комп'ютерної техніки значно розширив коло задач, розв'язок яких (наближений розв'язок) вдається знайти. Завдання математичного програмного забезпечення – якомога спростити процес переходу від складання математичної моделі до її реалізації.

Для учня та студента використання комп'ютера дає змогу позбавити його від рутинних обчислень і зосередитись на найважливіших етапах розв'язування задачі: постановці задачі; виборі алгоритму розв'язання; отриманні відповіді та інтерпретації отриманої відповіді.

Можливості програмного забезпечення таких потужних продуктів, як: *Maple*, *MathCad*, *Mathematica*, *MATLAB* і багатьох інших, дозволяють використовувати їх як в навчальних цілях, так і при розв'язуванні достатньо складних практичних задач і глибоких наукових дослідженнях [1–4, 9, 18–22, 24].

Предметом дослідження є аналіз впровадження СКМ у процес навчання математичним дисциплінам у школах і ВНЗ. Цій проблематиці присвячено роботи [1, 5–8, 10–16].

Використання СКМ для підвищення мотивації вивчення математики у ВНЗ

Переваги, що надають СКМ при використанні їх у навчальному процесі:

- Розглянуті СКМ легко приєднуються до глобальних, спеціалізованих баз знань, хмарних сервісів, тощо. Можна використовувати запити до спільноти користувачів СКМ.
- Кожна з відмічених СКМ, володіє широким спектром аналітичних перетворень, що надзвичайно важливо при використанні їх на заняттях з математики, а також у якості потужного апарату для теоретичних академічних досліджень.
- СКМ дозволяють швидко отримати: якісні ілюстрації; приклади розв'язання практичних задач, які неможливо в силу тих чи інших причин розв'язати при традиційному підході; основний та додатковий теоретичний матеріал, відповідно до навчального плану та поза його межами.
- СКМ позбавляють користувача від необхідності виконувати складні рутинні обчислення, не позбавляючи його при цьому, від необхідності розуміти суть і логіку розв'язання поставлених задач.
- Розумне застосування СКМ сприяє дослідницькій активності: у якості апарату швидкого висунування гіпотез і їх чисельного (комп'ютерний експеримент) підтвердження, як джерело виявлення нових цікавих властивостей і закономірностей. Доведення справедливості отриманих експериментальним шляхом властивостей і гіпотез тут в основному покладається на людину.
- При використанні СКМ суттєво збільшується швидкість розв'язання, а отже і об'єм засвоєних знань.
- Врешті, самі СКМ є найсучаснішим елементом наукового знання, оволодіння яким робить

майбутнього спеціаліста більш конкурентоспроможним та успішним на ринку праці.

- СКМ дозволяють «оживити» процес навчання за допомогою супровідного графічного матеріалу: діаграм, графіків (у тому числі багатовимірних і динамічних), інших ілюстрацій.

- Використовуючи вузькоспеціалізовані модулі, студент, а подекуди й учень зможе розв'язувати складні прикладні задачі, що допоможе зрозуміти можливості та значущість математичного апарату при застосуванні його до моделювання реального світу.

- Більшість СКМ є досить гнучкими, стосовно розширення їх за допомогою написання користувачами власних процедур і модулів. Це дає змогу ще більш філігранно використовувати їх можливості і спонукає до більш глибокого, змістовного засвоєння знань.

- За допомогою СКМ значно легше реалізувати дистанційну освіту, принципи диференційованого підходу до навчання, побудову та виконання завдань для контролю та самостійної роботи студентів.

- СКМ мають потужні можливості *покрокового* символічного розв'язування поставлених задач, що робить їх вельми корисними для самоосвіти.

Таким чином, використання СКМ у навчальному процесі дозволить зекономити час і при цьому сприятиме більш якісному та поглибленому вивченню матеріалу, стимулюватиме зацікавленість учня (студента) та допоможе викладачу у підготовці і контролі самостійної роботи учня (студента).

Галузі застосування СКМ у технічному ВНЗ. Доцільним видається використання СКМ при розв'язуванні таких задач:

- Задачі лінійної алгебри.

Доцільно використовувати у задачах з великою кількістю рутинних обчислень, де якісні висновки по результатам обчислень робить сам користувач. До таких задач можна віднести: обчислення визначників; розв'язування СЛАР досить великих порядків; задачі на лінійні перетворення; відшукування власних векторів, власних значень; практична перевірка властивостей матриць, визначників; моделювання задач із заданими властивостями, тощо.

- Паралельне використання СКМ при розв'язуванні задач завжди доцільне, якщо за мету ставити контроль отриманого результату.

- Задачі в яких необхідно побудувати криві (поверхні).

Доцільно використовувати можливості вбудованої графіки СКМ з метою контролю отриманих результатів, унаочнення, з ціллю швидкої генерації і побудови тестових прикладів. Особливо корисно це, на нашу думку, робити у випадках, що становлять певні труднощі: криві, що задані параметрично, в полярних координатах; при побудові тривимірних поверхонь і кривих, тощо.

Задачі, в яких використовується побудова кривих і поверхонь, проте ця побудова є лише допоміжною для розв'язування задачі, наприклад, при розв'язуванні задач з розділів: „деякі геометричні застосування визначеного інтегралу”, „кратні інтеграли”, „ряди Фур'є”, тощо.

- Задачі, в яких обчислення визначених інтегралів, границь, розв'язування СЛАР, відшукування сум скінчених /нескінчених рядів та інші доволі трудомісткі обчислення не є кінцевою, а лише проміжною метою.

- Задачі розділу Диференціальні рівняння (ДР).

Доцільно використовувати для контролю результату ті СКМ, які дають можливість отримання аналітичного розв'язку, наприклад: *Maple, Mathematica*, тощо.

Має зміст використовувати графічні можливості СКМ для унаочнення деякого теоретичного і практичного матеріалу, наприклад: побудови інтегральних кривих, загальних і частинних розв'язків ДР, полів напрямків, розв'язків систем ДР.

Корисно доповнювати аналітичні методи відшукування розв'язків ДР чисельними методами, більшість з яких вже вбудовано в СКМ (можливе самостійне програмування алгоритмів).

- Задачі розділу «Математична статистика». Більшість задач цього розділу потребують використання СКМ.

- Викладання окремих розділів математики, таких як “чисельні методи”, тощо, взагалі неможливо уявити без застосування СКМ.

- Використання програмування в середовищі СКМ, ціллю якого є оптимальне поєднання швидкості, універсальності отриманої процедури з глибоким засвоєнням алгоритму, використаного при розв'язуванні.

- Контроль набутих знань.

Можливість застосування СКМ на всіх рівнях контролю знань: державна атестація, поточний контроль, самоконтроль.

Отже, основними областями застосування СКМ є: 1) задачі, в яких головною метою є одержання деякого якісного, а не кількісного результату, розв'язання яких пов'язане з виконанням великої кількості рутинних операцій (обчислень), 2) використання СКМ для контролю отриманих результатів, 3) для моделювання задач (можливе використання програмування в середовищі СКМ).

Розглянемо, як приклад, *застосування СКМ до статистичної обробки даних*.

Можливості програмного забезпечення кожної з розглянутих СКМ, дозволяють використовувати їх при розв'язуванні як навчальних, так і достатньо складних практичних задач математичної статистики.

Наведемо перелік переваг, що надають СКМ, і які, на нашу думку, дозволяють оптимізувати процес засвоєння розділу «математична статистика», а також полегшити роботу викладача з підготовки і перевірки контрольних (тестових) завдань.

1. Немає потреби складати величезні таблиці статистичних даних (вибірок) для індивідуальних завдань студентам. Достатньо згенерувати такі дані засобами СКМ. Відмітимо, що таким чином можна згенерувати будь який стандартний розподіл.

2. Якщо вибірка сформована програмно, легко перевірити (приблизно оцінити) всі її статистичні параметри.

3. Немає потреби у таких рутинних обчисленнях, як підрахунок частот, обчисленні основних вибірових характеристик, тощо. Проте, якщо для розуміння суті розрахунків потрібно явно вписувати формули, то це легко реалізувати: будь які обчислення легко програмуються.

4. СКМ дозволяє візуально інтерпретувати отримані результати, наприклад, порівняти нормовану гістограму та теоретичну щільність розподілу; з'ясувати геометричний зміст вибіркового середнього, варіанти; зрозуміти суть лінійної (і не тільки) регресії, тощо.

Таким чином, використання СКМ дозволить не тільки зекономити час, а й сприятиме більш якісному та глибокому вивченню матеріалу, стимулюватиме зацікавленість студента і допоможе викладачу у підготовці та контролеві самостійної роботи студента.

Для набуття студентом умінь і навичок, необхідних для засвоєння дисципліни „Вища математика” або шкільного курсу математики, неоціненну роль відіграє самостійна (домашня) робота. Обмежений час, відведений програмою, завжди ставлять перед викладачем проблеми: як задати достатню для засвоєння матеріалу кількість вправ і при цьому не перевантажувати студента (учня)?; як ефективно здійснити контроль набутих умінь та навичок?

Застосування СКМ для контролю знань. У загальноосвітній практиці СКМ широко впроваджуються в процес контролю якості набутих під час навчання знань. Так, наприклад:

- З 2007 по 2014 рік понад 100000 студентів університету Ватерлоо виконали контрольні завдання в середовищі *Maple T.A.* (інтерактивне середовище для контролю знань, розробник Maplesoft) [18]. Це число продовжує зростати експоненційно [18], оскільки Maplesoft працює над поліпшенням інтерактивних і змішаних курсів, розвитком ресурсів і створенням інструментів розробки контенту, спеціально призначеного для STEM (Science, technology, engineering and mathematics) дисциплін. Термін STEM Education Coalition зазвичай використовується у США та ін. країнах при розгляді політики в галузі освіти і формуванні навчальних програм у школах і ВНЗ для підвищення конкурентоспроможності в розвитку науки і техніки.

- Тести математичної асоціації Америки (MAA) пропонуються онлайн виключно через *Maple T.A.*
- Як свідчить [20], понад 5000 університетів світу залучили MATLAB та Simulink до своїх аудиторій.

- Широкого розповсюдження в університетах світу набули також освітні і тестові матеріали на основі *Mathematica* [19].

Вітчизняні методичні розробки теоретичної частини розділів математики, а також завдань для контролю отриманих студентами (учнями) знань, створені на основі СКМ, почали з'являтися все частіше, наприклад – [8].

Нещодавно запущено онлайн-проект *Wolfram Alpha* [24]. *Wolfram Alpha* є однією з систем запитання-відповіді, яка заснована на обробці природньої мови і великій бібліотеці алгоритмів (використовує всі можливості СКМ *Mathematica*), а також на відповідях на запити [22]. Прикладний програмний інтерфейс дозволяє іншим програмам розширювати і поліпшувати *Alpha*. Засновник *Wolfram Alpha* Stephen Wolfram вважає [22], що коли *Wolfram Alpha* стане загальноживованою, «це підніме рівень наукових речей, які середня людина може зрозуміти». *Wolfram Alpha* надзвичайно популярна серед користувачів з усього світу, як онлайн знаряддя для виконання математичних розрахунків, у тому числі у символічному вигляді з викладкою усіх (у версії Pro) проміжних перетворень.

Проаналізувавши бази даних контрольних робіт, тестів, екзаменаційних робіт на сайтах провідних університетів, а також ті, що потрапляють на світові freelance ресурси, ми прийшли до висновку, що лівова частка їх сформована у середовищах провідних СКМ, і досить часто зорієнтована на виконання частини розрахунків у цьому ж середовищі.

Звісно, можливості СКМ для формування контрольних завдань і знаходження правильних відповідей на поставлені проблемні задачі практично безмежні, проте, завдяки саме цим широким можливостям користувач нерідко знаходить правильний розв'язок, абсолютно не розуміючи методу, алгоритму, способу його отримання. Така ситуація, коли комп'ютер виконує всю роботу за користувача, цілком задовільна у випадку, коли його цікавить лише кінцевий результат, але може виявитись абсолютно недопустимою у випадку коли перед ним стоять *навчальні* цілі. Як показує практика, запобігти використанню СКМ, у тих випадках, коли це використання є недопустимим, надзвичайно важко, тому актуальною задачею є створення пакетів контрольних завдань, де застосування СКМ без розуміння суті виконуваного завдання є неможливим або суттєво обмеженим.

Ще одним із специфічних засобів контролю набутих знань є предметні олімпіади. При виконанні завдань, що пропонуються на олімпіадах з дисциплін математичного циклу, використання комп'ютера та

СКМ традиційно заборонено. Проте час диктує нові вимоги. Спробуємо спрогнозувати, що у частині олімпіадних задач з математики у майбутньому можна буде вільно використовувати СКМ для чисельного моделювання, висування гіпотез, тощо, проте доводити справедливості отриманих результатів необхідно буде учневі (студенту). Вважаємо, що підшукувати такі задачі і включати їх поряд із традиційними вже час.

При застосуванні СКМ у технологіях навчання виникає ряд труднощів.

- Загроза скочування користувача до рівня маніпулятора кнопок без розуміння суті виконуваних операцій і алгоритмів.

- Недостатнє фінансування вітчизняної галузі освіти негативно впливає на розповсюдження технологій СКМ у навчанні. Нестача коштів обумовлює недостатню комплектацію комп'ютерними класами (Україна: районні, сільські школи) і забезпечення їх ліцензійним програмним забезпеченням (яке, як правило коштує недешево).

- Недостатній рівень компетентності персоналу, що навчає основам роботи з СКМ (особливо у районних та сільських школах).

- Немоżliвість стовідсоткового контролю самостійності виконання домашніх завдань, які мають бути виконані за допомогою СКМ.

- Немоżliвість стовідсоткового контролю за виконанням завдань типу Hand Write, які мають бути виконані без використання СКМ.

Намітимо шляхи вирішення зазначених проблем. Підвищення мотивації на засвоєння самої суті математичних понять і методів, шляхом роз'яснення неможливості без цього розуміння вирішувати нетипові задачі, самому створювати нові методи та алгоритми, врешті решт аналізувати (інтерпретувати) результати роботи СКМ, а у майбутньому також і інших прикладних програм, має стимулювати як процес набуття необхідних знань з математики, так і вміння роботи з СКМ.

Проблеми недостатнього фінансування можна долати, якщо використовувати СКМ, що не потребують ліцензування; використовувати колективні ліцензії на СКМ. Ліцензія на кожен із зазначених СКМ коштує значно дешевше у студентському та академічному варіантах. Інколи буває достатнім використання спрощеної версії програмного забезпечення (яка може бути дешевою або навіть безкоштовною).

Аналіз закордонних і вітчизняних способів боротьби з нерегламентованим використанням СКМ показує, що подолати останню проблему можна підвищуючи вмотивованість, самосвідомість та із застосуванням спеціальних засобів контролю над технологією виконання завдань.

Висновки

Роль СКМ у вивченні математичних дисциплін у школі і ВНЗ є важливою, проте потрібно пам'ятати, що для розуміння суті математичних методів і набуття вміння їх гнучкого застосовування до найрізноманітніших задач, необхідне ґрунтовне вивчення математичного апарату. Це дозволить не тільки самостійно розв'язувати складні задачі, але й оптимально використовувати ресурси СКМ і, можливо, в подальшому самому створювати нові алгоритми, які розширять можливості СКМ. На заняттях з математики потрібно весь час балансувати між «чистою» математикою і використанням систем комп'ютерної математики. Проте сучасна тенденція надзвичайно швидкого розвитку технологій та інтенсивного розширення бази спеціалізованих знань неминуче веде до того, що людина для розв'язання практичних задач, складність яких неухильно росте, все більше використовує можливості комп'ютерних технологій. І учень або студент зобов'язаний вміти використовувати всю силу цих технологій і, зокрема, СКМ.

Література

1. Говорухин В. Компьютер в математических исследованиях / В. Говорухин, В. Цибулин. – СПб.: Питер, 2001 – 624 с.
2. Джон Г. Мэтьюз, Куртис Д. Финк. Численные методы. Использование MATLAB = Numerical Methods: Using MATLAB. — 3-е изд. — М.: «Вильямс», 2001. — 720 с.
3. Дьяконов В.П. Компьютерная математика. Теория и практика / В.П.Дьяконов. – М.: Нолидж, 2001. – 1296 с.
4. Дьяконов В. П. MATLAB и SIMULINK для радиоинженеров / В.П.Дьяконов. –М.: «ДМК-Пресс», 2011. — 976 с.
5. Жалдак М.І. Комп'ютер на уроках математики: Посібник для вчителів / М.І.Жалдак. – К.: РННЦ “Дініт”, 2003. – 324 с
6. Ключко В.І. НІТ навчання математики в технічній вищій школі: дис. доктора пед. наук: 13.00.02 / Ключко В.І. – Вінниця, 1998. – 396 с.
7. Львов М. Алгебра з комп'ютером / М.Львов, Н.Львова. – К.:Шк. світ, 2007. – 128 с.
8. Михалеви́ч В. М. Развитие системы Maple у навчанні вищої математики майбутніх інженерів-механіків: монографія / В. М. Михалеви́ч, Я. В. Крупський. — Вінниця: ВНТУ, 2013. — 236 с.
9. Поршне́в С.В., Беленкова И.В. Численные методы на базе MathCAD. Санкт-Петербург, БХВ-Петербург, 2005, 562 с.
10. Програма спеціального курсу “Навчальні дослідження та їх підтримка засобами ІКТ у курсі

алгебри і початків аналізу загальноосвітніх навчальних закладів” / [М.І. Жалдак, В.Ю. Биков, Ю.О. Жук та ін.] // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Зб. наук. праць. Випуск VI: В 3-х томах. – Кривий Ріг, 2006. – Т. 1: Теорія та методика навчання математики. – 397 с. (С. 12-21).

11. Рагулина М.И. Информационные технологии в математике. Москва, Академия, 2008, –304 с.
12. Раков С.А. Математична освіта: компетентнісний підхід з використанням ІКТ: Монографія / С.А.Раков. – Х.:Факт, 2005. – 360 с.
13. Рамський Ю.С. Про роль математики і деякі тенденції розвитку математичної освіти в інформаційному суспільстві / Ю.С.Рамський, К.І.Рамська // Науковий часопис НПУ імені М.П.Драгоманова. Серія №2. Комп’ютерно-орієнтовані системи навчання: Зб. наук. праць / Редада.-К.: НПУ ім. М.П.Драгоманова, 2008. – №6(13). – 182 с. (С.12-16).
14. Співаковський О.В. Теорія і практика використання інформаційних технологій у процесі підготовки студентів математичних спеціальностей / О.В.Співаковський. – Херсон: Айлант, 2003. – 224 с.
15. Таранчук В.Б. Основные функции систем компьютерной алгебры: пособие для студентов фак. прикладной математики и информатики / В.Б. Таранчук. – Минск: БГУ, 2013. – 59 с.
16. Триус Ю.В. Комп’ютерно-орієнтовані методичні системи навчання: Монографія / Ю.В.Триус. – Черкаси: Брама-Україна, 2005. – 400 с.
17. Lecture lists for students of Oxford [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.ox.ac.uk/students/academic/guidance/lectures>
18. Maple [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.maplesoft.com>
19. Mathematica, [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.wolfram.com/mathematica>
20. MATLAB and Simulink, [Електронний ресурс]. Режим доступу: www.mathworks.com
21. PTC MathCad, [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.ptc.com>
22. Stephen Wolfram, A New Kind of Science, Wolfram Media, 2002, [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.wolframscience.com/nksonline/toc.html>
23. Ukraine has become Europe’s #1 IT outsourcing and software development powerhouse [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://itonews.eu/report-ukraine-powerhouse>
24. WolframAlpha calculation [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.wolframalpha.com>

References

1. Hovorukhyn V. Kompiuter v matematycheskykh yssledovaniakh / V.Hovorukhyn, V.Tsybulyn. – SPb.: Pyter, 2001 – 624 s.
2. Dzhon H. Мәтиуз, Kurtys D. Fynk. Numerical Methods: Using MATLAB. — 3-e yzd. — М.: «Vyliams», 2001. — 720 s.
3. Diakonov V.P. Kompiuternaia matematika. Teoriya y praktyka / V.P.Diakonov. – М.: Nolydzh, 2001. – 1296 s.
4. Diakonov V. P. MATLAB y SIMULINK dlia radyoynzhenerov / V.P.Diakonov. –М.: «DMK-Press», 2011. — 976 s.
5. Zhaldak M.I. Kompiuter na urokakh matematyky: Posibnyk dlia vchyteliv / M.I.Zhaldak. – К.: RNNTs “Dinit”, 2003. – 324 s
6. Klochko V.I. NIT navchannia matematyky v tekhnichii vyshchii shkoli: dys. doktora ped. nauk: 13.00.02 / Klochko V.I. – Vinnytsia, 1998. – 396 s.
7. Lvov M. Alhebra z komp’iuterom / M.Lvov, N.Lvova. – К.:Shk. svit, 2007. – 128 s.
8. Mykhalevych V. M. Rozvytok systemy Maple u navchanni vyshchoi matematyky maibutnikh inzheneriv-mekhanikov: monohrafiia / V. M. Mykhalevych, Ya. V. Krupskiy. — Vinnytsia: VNTU, 2013. — 236 s.
9. Porshnev S.V., Belenkova Y.V. Chyslennyye metody na baze MathCAD. Sankt-Peterburh, BKhV-Peterburh, 2005, 562 s.
10. Prohrama spetsialnogo kursu “Navchalni doslidzhennia ta yikh pidtrymka zasobamy ІКТ u kursy alhebrы i pochatkiv analizu zahalnoosvitnikh navchalnykh zakladiv” / [M.I. Zhaldak, V.Iu. Bykov, Yu.O. Zhuk ta in.] // Teoriia ta metodyka navchannia matematyky, fizyky, informatyky: Zb. nauk. prats. Vypusk VI: V 3-kh tomakh. – Kryvyi Rih, 2006. – Т. 1: Teoriia ta metodyka navchannia matematyky. – 397 s.(S. 12-21).
11. Rahulyna M.Y. Ynformatsyonnyie tekhnolohyy v matematyke. Moskva, Akademyia, 2008, –304 s.
12. Rakov S.A. Matematychna osvita: kompetentnisnyi pidkhid z vykorystanniam ІКТ: Monohrafiia / S.A.Rakov. – Kh.:Fakt, 2005. – 360 s.
13. Ramskiyi Yu.S. Pro rol matematyky i deiaki tendentsii rozvytku matematychnoi osvity v informatsiinomu suspilstvi / Yu.S.Ramskiyi, K.I.Ramska // Naukovyi chasopys NPU imeni M.P.Drahomanova. Seriiia №2. Komp’iuterno-orientovani systemy navchannia: Zb. nauk. prats / Redrada.-K.: NPU im. M.P.Drahomanova, 2008. – №6(13). – 182 s. (S.12-16).
14. Spivakovskiy O.V. Teoriia i praktyka vykorystannia informatsiinykh tekhnolohii u protsesi pidhotovky studentiv matematychnykh spetsialnostei / O.V.Spivakovskiy. – Kherson: Ailant, 2003. – 224 s.
15. Taranchuk V.B. Osnovnyie funktsyy system kompiuternoї alhebrы: posobyie dlia studentov fak. prykladnoi matematyky u ynformatyky / V.B. Taranchuk. – Mynsk: BHU, 2013. – 59 s.
16. Tryus Yu.V. Komp’iuterno-orientovani metodychni systemy navchannia: Monohrafiia / Yu.V.Tryus. – Cherkasy: Braма-Ukraina, 2005. – 400 s.
17. Lecture lists for students of Oxford [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.ox.ac.uk/students/academic/guidance/lectures>
18. Maple [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.maplesoft.com>
19. Mathematica, [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.wolfram.com/mathematica>
20. MATLAB and Simulink, [Електронний ресурс]. Режим доступу: www.mathworks.com
21. PTC MathCad, [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.ptc.com>
22. Stephen Wolfram, A New Kind of Science, Wolfram Media, 2002, [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.wolframscience.com/nksonline/toc.html>
23. Ukraine has become Europe’s #1 IT outsourcing and software development powerhouse [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://itonews.eu/report-ukraine-powerhouse>
24. WolframAlpha calculation [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.wolframalpha.com>

Рецензія/Peer review : 02.06.2017 p. Надрукована/Printed : 13.10.2017 p.
Стаття рецензована редакційною колегією