

**УДК 37.022.32 : 681.3**

**Інтегративний підхід до формування професійних  
компетентностей майбутніх інженерів засобами  
чисельного моделювання.**

*Ключові слова:* професійні компетентності, професійно орієнтовані задачі, фундаментальні знання, спеціальні знання, системи комп'ютерної математики, інтерполяційний многочлен, оцінки похибки наближення.

**Актуальність.** Впровадження нових наукоємних технологій значно підвищує вимоги в галузі фундаментальних наук для випускників вищих навчальних закладів інженерного профілю. Конкуренція на ринку праці вимагає від них володіння глибокими професійними знаннями з користування математичними методами та вміннями застосовувати їх у практичній діяльності. Розгляд комплексу прикладних та професійно орієнтованих задач в курсі математики має не тільки встановлювати зв'язки зі спеціальними дисциплінами та ілюструвати ефективність математичних методів, але й акумулювати математичні знання в єдину цілісність, відповідати процесу формування базових характеристик особистості майбутнього інженера. У цьому, зокрема, полягає основа для розуміння єдності математики, підвищення якості освоєння її змісту майбутніми інженерами, розвитку мотивації та інтересу до оволодіння майбутньою професією, потреби в інженерно-орієнтованих математичних знаннях і методах, що формують професійну компетентність.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Велике значення в рамках даної статті мають педагогічні дослідження із проблеми формування професійної компетентності Є. Бондаревської, І. Зимової, С. Скарбич та ін.;

дослідження із проблем використання у навчанні професійно-орієнтованих задач Т. Крилової, Т.Максимової, О. Скафи, Н. Скоробагатько та ін.

**Постановка проблеми.** Тим не менш, аналіз стану проблеми в практиці навчання в технічному ВНЗ показує, що більше 80% студентів сприймають математику як суто абстрактну дисципліну, не відчують потреби в розширенні і поглибленні математичних знань і не вміють використовувати їх при вивченні спеціальних дисциплін, орієнтованих на майбутню професію [1].

Спостереження під час експерименту і результати анкетування на початку першого року навчання підтвердили той факт, що студенти на цьому етапі ще не переконані у необхідності математичних знань в їх майбутній професійній діяльності [1]. Тому навчання математики майбутніх інженерів може нести в собі великий професійний контекст: з одного боку, за допомогою розв'язання прикладних проблем засобами математики відбувається інтеграція математичних знань, предметна візуалізація математичних методів, з іншого боку – спеціальні дисципліни реально взаємодіють з математикою в процесі моделювання та пошуку адекватного розв'язання проблем.

**Мета статті** полягає у наведенні напрямків удосконалення математичної підготовки майбутнього інженера через використання професійно-орієнтованих задач у процесі формування професійних компетентностей. Під професійно-орієнтованою математичною задачею ми розуміємо задачу, умова й вимоги якої визначають собою модель деякої ситуації, що виникає в професійній діяльності інженера, а дослідження цієї ситуації здійснюється засобами математики та інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) й сприяє професійному розвитку особистості фахівця [2].

**Виклад основного матеріалу.** Професійна сфера діяльності інженера вимагає особливого складу людського мислення, що характеризується точністю, обґрунтованістю і визначеністю, тобто тими якостями, які

притаманні математичній діяльності. Отже, вивчення математики має відбуватись при постійному контакті зі спеціальними дисциплінами.

Як показали дослідження, професійно-орієнтовані завдання розширюють і поглиблюють уявлення студентів про роль знань точних наук у розвитку загальнотехнічних знань та їх практичному застосуванні, розвивають мислення, глибше розуміються інтегративні процеси в становленні наукового знання [6]. Наші дослідження по здійсненню зв'язків теорії і практики починалася з вивчення розділів математичної підготовки та програм загальнотехнічних і спеціальних дисциплін, ознайомлення з дипломними роботами, підручниками та методичними посібниками з цих дисциплін. Глибина і двосторонній характер цих зв'язків надали можливість зробити висновок щодо їх взаємопроникнення, змістовна сутність якого в узагальненому вигляді, на прикладі деяких спеціальностей, наведена в таблиці 1.

Таблиця 1

Розділи математики у навчальних планах деяких спеціальних дисциплін напрямів 7.090601 – "Електричні станції" та 7.090602 – "Електричні системи та мережі"

<b>Розділи математичної підготовки</b>	<b>Дисципліни навчального плану</b>
Чисельні методи та алгоритми інтерполяції, апроксимації, диференціювання, інтегрування, розв'язання систем рівнянь.	Алгоритмічні мови та програмне забезпечення.
Векторний аналіз. Диференціальне числення. Диференціальні рівняння.	Теоретична механіка.
Алгебра матриць. Векторний аналіз. Функція комплексної змінної. Диференціювання функцій. Інтегрування функцій. Ряди. Диференціальні рівняння. Операційне числення.	Теоретичні основи електротехніки.

Лінійні перетворення на площині. Афінні перетворення.	Інженерна та комп'ютерна графіка.
Векторний аналіз. Рівняння математичної фізики.	Прикладна механіка.
Алгебра логіки.	Електричні машини.
Системи числення. Числа з фіксованою та плаваючою комою.	Мікропроцесорна техніка.
Системи алгебраїчних рівнянь Ряди. Векторний аналіз.	Електричні системи і мережі.
Диференціальні рівняння. Операційне числення.	Теорія автоматичного керування.
Теорія матриць. Векторний аналіз.	Електромеханічні перехідні процеси.
Поняття міри.	Основи метрології та електровимірювальна техніка.
Векторний аналіз. Диференціальні рівняння. Аналітична геометрія.	Електричні апарати.
Методи моделювання	Математичне моделювання в електротехніці.

Аналіз таблиці 1 дає підстави стверджувати, що значна кількість розділів вищої математики пронизують зміст загальнотехнічних і спеціальних дисциплін. Тобто, математика має величезний прикладний потенціал, що надає можливість не тільки своїми методами і засобами виявляти суттєві зв'язки реальних явищ і процесів у виробничій діяльності, а й розвивати навички майбутніх інженерів у математичному дослідженні прикладних питань. Більшість інженерів використовують тільки малу частку знань, що почерпнуті ними з математичних курсів, прослуханих у вищій школі. В процесі навчання у них не розвивається певною мірою уміння самостійно формулювати математичний зміст заданої технічної задачі. Таким чином, існує потреба не стільки в тому, щоб дати «як найбільше

математики», скільки в тому, щоб краще пояснити можливість її застосування.

Отже, слід навчити студентів володінню деякими прийомами формулювання математичного змісту інженерної задачі, а також аналізувати математичні моделі інженерних задач, розвивати інтуїцію та рефлексію в процесах прогнозування та прийняття рішення. З метою формування у студентів вищенаведених знань та умінь, на заняттях пропонуємо розглядати задачі такого змісту.

*Задача 1.* На екрані радара спостерігається рух тіла. До поточного моменту часу радар зафіксував чотири точки траєкторії тіла, отримані в послідовні моменти часу. Спрогнозувати місце розташування тіла в наступний момент часу.

Студенти розробляють математичну модель задачі.

***Математична постановка задачі.***

На екрані радара, в плоскій прямокутній системі координат  $xOy$ , спостерігається рух тіла, що переміщується за деякою апріорі невідомою траєкторією  $(x(t), y(t))$ . До поточного моменту часу радар зафіксував чотири вузли траєкторії тіла  $(x(t_0), y(t_0))$ ,  $(x(t_1), y(t_1))$ ,  $(x(t_2), y(t_2))$ ,  $(x(t_3), y(t_3))$ , отримані в послідовні моменти часу  $t_0, t_1, t_2, t_3$ .

***Формулювання завдання*** математичними засобами.

Розв'язавши задачу екстраполяції, спрогнозувати місце розташування тіла  $(x(t_4), y(t_4))$  в наступний момент часу  $t_4$

***Схема розв'язання*** математичної задачі.

1) Побудувати інтерполяційні многочлени  $Lx(t)$  і  $Ly(t)$  за відомими вузлами  $(t_0, x(t_0)), (t_1, x(t_1)), (t_2, x(t_2)), (t_3, x(t_3))$  і  $(t_0, y(t_0)), (t_1, y(t_1)), (t_2, y(t_2)), (t_3, y(t_3))$  відповідно.

2) Розрахувати прогнозовану точку появи тіла у наступний момент часу  $t_4$ :  $(x^*(t_4), y^*(t_4)) = (Lx(t_4), Ly(t_4))$ .

3) Вивести на екран графік наближеної траєкторії руху тіла  $(Lx(t), Ly(t))$  для  $t \in [t_0, t_4]$  з кроком  $\Delta t = \frac{t_4 - t_0}{100}$ .

Слід зазначити, що сучасний спеціаліст в інженерній області немислимий без активного володіння методами і засобами інформаційно-комунікаційних технологій. Під час аналізу технічних процесів і прийнятті відповідних рішень особливо важливу роль відіграють імітаційні дослідження, головна особливість яких полягає у проведенні експерименту, але не з об'єктом, а з його математичною моделлю, причому реалізація експерименту здійснюється з використанням систем комп'ютерної математики. Отже, у майбутніх інженерів формується така компетентність, як добір сучасних засобів ІКТ, адекватних особливостям практичних завдань, що розв'язуються.

Наповнюючи вищенаведену задачу конкретними числовими даними, студенти можуть організувати її розв'язання, наприклад, використовуючи таку систему комп'ютерної математики, як MathCAD (рис. 1).

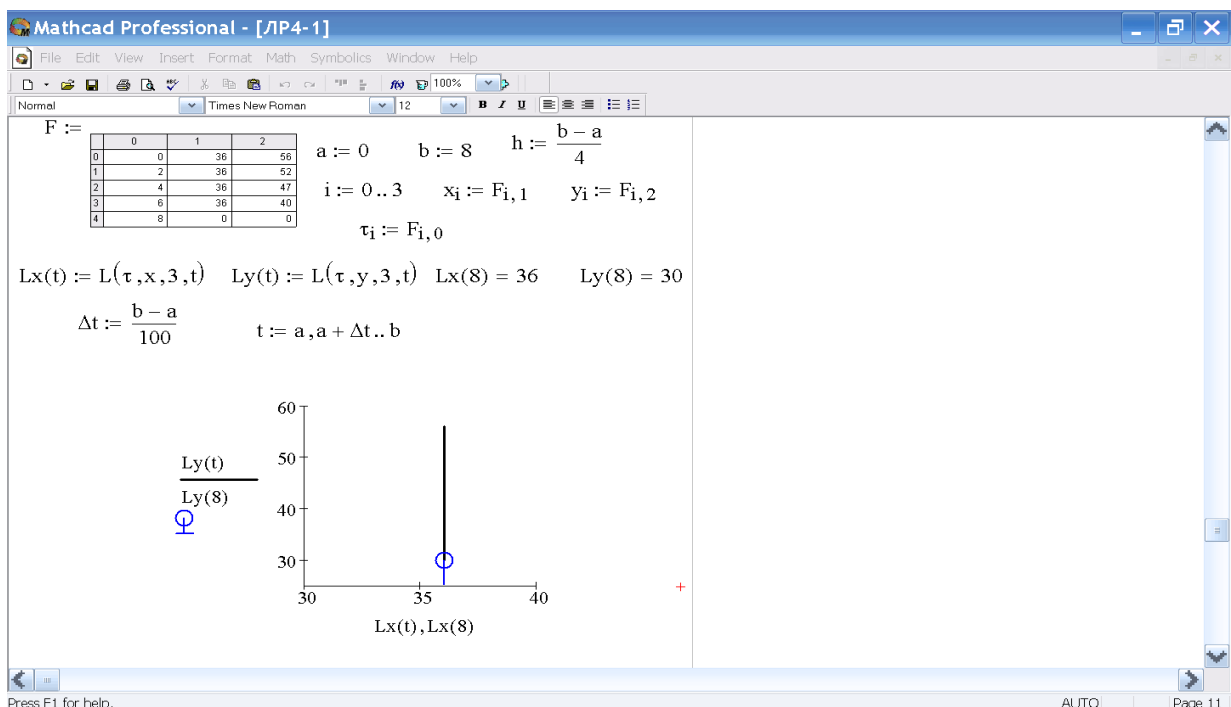


Рисунок 1.  
Комп'ютерна реалізація задачі 1 в MathCAD

Специфіка професійної підготовки фахівців інженерного профілю полягає не тільки в отриманні нових математичних знань, але й у вихованні потреби і готовності до застосування математичних методів у професійній діяльності. Слід навчити студентів грамотно формулювати інженерну задачу, наочно моделювати, інтерпретувати результат її розв'язання на мові реальної ситуації, перевіряти відповідність отриманих даних. Це можливо за умови актуалізації зв'язків між математичними об'єктами різних розділів математики та інших спеціальних дисциплін шляхом розв'язання професійно орієнтованих завдань, що сприяють формуванню компетентності проведення комп'ютерних експериментів, володінню методологією використання засобів ІКТ в процесі моделювання інженерних задач.

Часто в інженерних задачах дані подано у вигляді графічної залежності. Наприклад – нелінійна характеристика інтегральної мікросхеми, що наведена на рис. 2.

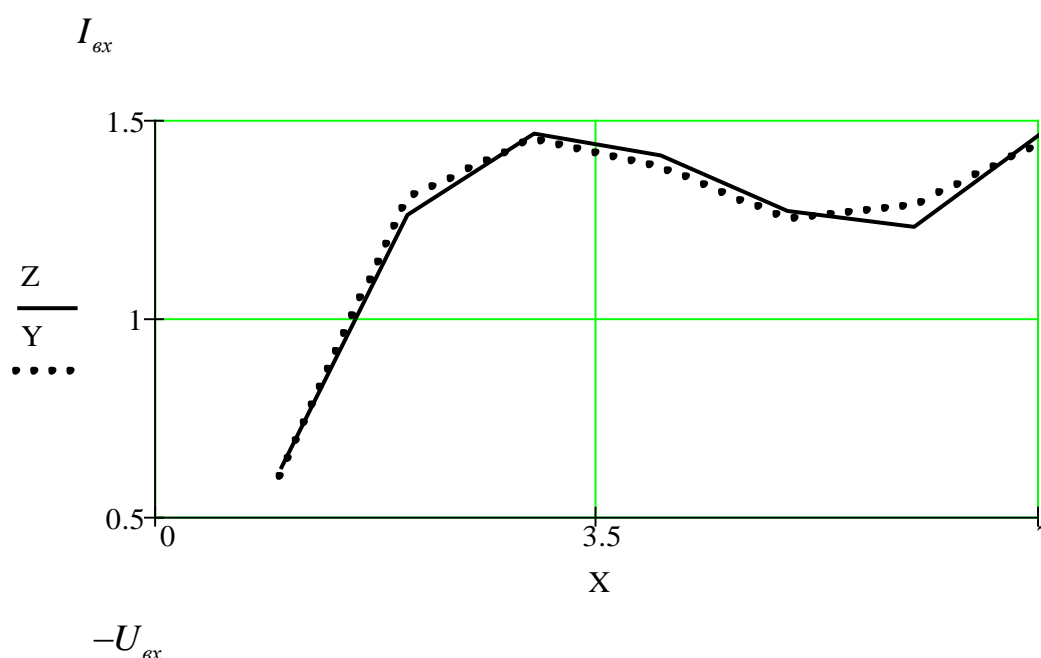


Рисунок 2.

Графічна залежність характеристик інтегральної мікросхеми

З графіка видно, що характеристика має ділянки з різними диференціальними властивостями. Отже, виникає необхідність визначення оптимального розташування вузлів інтерполювання та класу функцій.

Студенти перекладають конкретну задачу на мову математики, тобто вирішують задачу, наприклад, наступного змісту.

*Задача 2.* Функція  $f(x) = e^{\sin^2 x}$  задана на відрізку  $[a, b]$ . Виконується наближення функції інтерполяційними многочленами  $P_n(x)$  (у формі Ньютона) за різних систем вузлів  $(x_0, f(x_0)), (x_1, f(x_1)), \dots, (x_n, f(x_n))$ , де  $a \leq x_0 < x_1 < \dots < x_n \leq b$ . Відомо, що найменшу похибку наближення  $\Delta_n(f(x)) = \max_{x \in [a, b]} \varepsilon_n(x) = \max_{x \in [a, b]} |f(x) - P_n(x)|$  можна забезпечити, якщо вузли  $a \leq x_0 < x_1 < \dots < x_n \leq b$  будувати за коренями многочлена Чебишева степеня  $n+1$ . У завданні пропонується порівняти похибки наближень функції  $f(x)$  на відрізку  $[a, b]$  інтерполяційними многочленами, що побудовані за різних систем вузлів  $a \leq x_0 < x_1 < \dots < x_n \leq b$ .

Пропонуємо такий порядок виконання завдання:

1) Побудувати інтерполяційний многочлен  $P_n^N(x)$  за рівновіддаленими вузлами  $a \leq x_0 < x_1 < \dots < x_n \leq b$ , де,  $x_i = a + \frac{b-a}{n} \cdot i$ ,  $i = 0..n$  та графічно оцінити його похибку наближення  $\Delta_n^N(f(x)) = \max_{x \in [a, b]} \varepsilon_n^N(x) = \max_{x \in [a, b]} |f(x) - P_n^N(x)|$ .

2) Побудувати інтерполяційний многочлен  $P_n^{cheb}(x)$  у вузлах  $a \leq x_0 < x_1 < \dots < x_n \leq b$ , що визначені за допомогою коренів многочлена Чебишева ступеня  $n+1$ ,  $x_i = \frac{a+b}{2} + \frac{b-a}{2} \cdot \cos \frac{(2 \cdot i + 1) \cdot \pi}{2 \cdot (n+1)}$ ,  $i = 0..n$ , та графічно оцінити його похибку наближення  $\Delta_n^{cheb}(f(x)) = \max_{x \in [a, b]} \varepsilon_n^{cheb}(x) = \max_{x \in [a, b]} |f(x) - P_n^{cheb}(x)|$ .

3) Побудувати інтерполяційний многочлен  $P_n^{md}(x)$  у вузлах  $a \leq x_0 < x_1 < \dots < x_n \leq b$ , де  $x_i$  – вибираються попарно різними, випадковим чином (за допомогою датчика випадкових чисел) на відрізку  $[a, b]$ , та графічно оцінити його похибку наближення  $\Delta_n^{md}(f(x)) = \max_{x \in [a, b]} \varepsilon_n^{md}(x) = \max_{x \in [a, b]} |f(x) - P_n^{md}(x)|$ .

4) Порівняти отримані оцінки похибки наближення і зробити висновки.



Для наочного подання отриманих оцінок похибок пропонується система комп'ютерної математики MathCAD

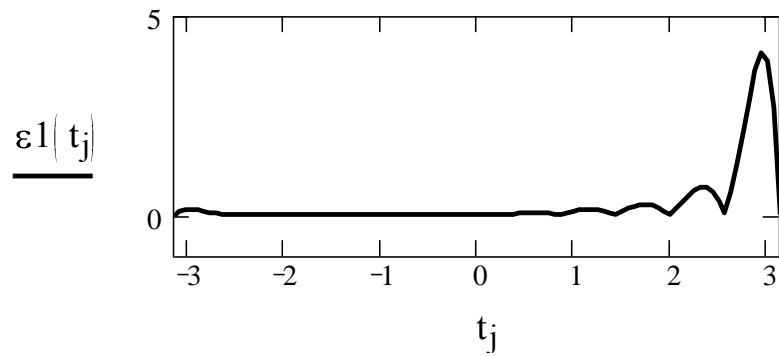


Рисунок 3

Оцінка похибки наближення інтерполяційного многочлена для рівновіддалених вузлів

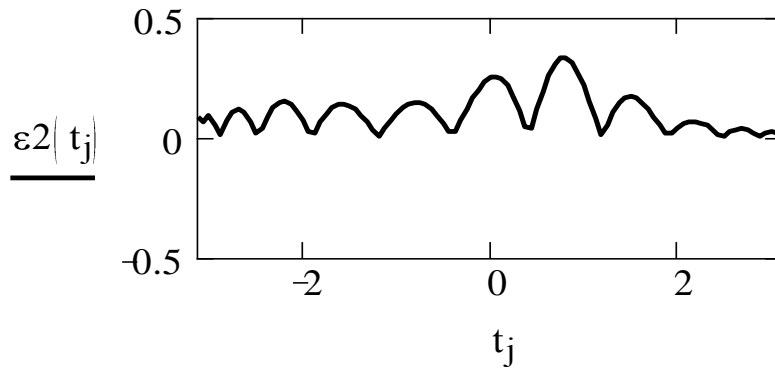


Рисунок 4.

Оцінка похибки наближення інтерполяційного многочлена для коренів многочлена Чебишева

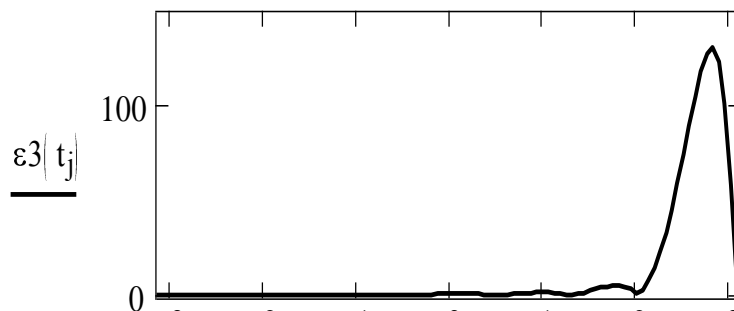


Рисунок 5.

Оцінка похибки наближення інтерполяційного многочлена для випадкових вузлів.

Найменша похибка інтерполяції отримується для випадку вузлів, що є коренями многочлена Чебишева, найбільша – для випадкових вузлів. Процес розв’язання студентами наведеної задачі 2, надає нам можливість визначити систему знань та умінь з теоретичних основ електротехніки, математики, інформатики.

Отже, аналіз діяльності студентів під час розв’язування професійно-орієнтованих задач надає можливість визначити обсяг і зміст тих фундаментальних і спеціальних знань та умінь, засвоєння яких сприяє якісному виконанню діяльності (таблиця 2).

Таблиця 2

Зміст фундаментальних і спеціальних знань та умінь, необхідних для розв’язання задачі 2.

Знання та уміння з теоретичних основ електротехніки	Знання та уміння математики	Знання та уміння з інформатики
1. Характеристики інтегральних схем	1. Поняття функції та функціональної залежності. 2. Інтерполювання функцій. 3. Оцінювання похибок наближення	1. Основні команди системи комп’ютерної математики MathCAD 2. Програмування в середовищі MathCAD

Підсумовуючи вищенаведене, можна виділити (в якості основних) наступні функції професійно - орієнтованих завдань з технічним змістом:

- а) формування прийомів формалізації та інтерпретації як основних складових методу моделювання;
- б) розвиток пізнавального інтересу та професійної мотивації;
- в) виявлення та актуалізація механізмів інтеграції математичних і спеціальних знань;
- г) вдосконалення навичок самоконтролю і рефлексивність поведінки;
- д) формування інтелектуальної сприйнятливості, гнучкості, рухливості думки як проявів творчого мислення студентів

## Література

1. Бондаренко З. В. Методика навчання інформаційних технологій розв'язування диференціальних рівнянь у технічних університетах : автореф. дис. на здобуття наукового ступеня канд. пед. наук: спец: 13.00.02 "Теорія та методика навчання (інформатика)" / З. В. Бондаренко. – Київ, 2010. – 20 с.
2. Власенко К. В. Про необхідність формування професійної спрямованості студентів інженерно-педагогічної академії в процесі вивчення вищої математики // К. В. Власенко / Міжнародна науково-практична конференція Математична освіта в Україні: минуле, сьогодення, майбутнє. Національний педагогічний університет ім.М.П.Драгоманова. . К., 2007. . С. 123.
3. Дяченко Н. І. Особливості формування професійної культури студентів інженерних спеціальностей / Н. І.Дяченко, І. Я. Лізан// Проблеми інженерно-педагогічної освіти. - 2006. - № 13.- С. 253-257.
4. Дьяконов В. П. Система MathCAD. Справочник / В. П. Дьяконов. – М.: Радио и связь, 1993. – 250с.
5. Евсегнеев В. В. Интеграция фундаментального и специального знаний в подготовке инженерных кадров / В. В. Евсегнеев, С. С. Торбунов // Alma Mater, 2003. - №11. – С.14-16.
6. Ключко В. І. Інформаційно-комунікаційні технології як засіб формування дослідницьких умінь студентів технічних університетів / В. І. Ключко, З. В.Бондаренко // Вісник ВПІ. – 2009. - №1. – С.102 – 106.
7. Ключко В. І. Нові інформаційні технології навчання математики в технічній вищій школі : дис. докт. ... пед. наук: спец. 13.00.02 "Теорія та методика навчання інформатики"/ Віталій Іванович Ключко.– Вінниця, 1998.- 396 с.
8. Крилова Т. В. Проблеми навчання математики в технічному вузі : монографія / Крилова Т. В. – К. : Вища школа, 1998. – 438 с.
9. Пак В. В. Инженер, математика и другие. Простые методы математического моделирования природных и технологических процессов / В. В. Пак. – Донецк: ДонГТУ, 1995. – 224с.

**Клочко В. І., Бондаренко З. В. Інтегративний підхід до формування професійних компетентностей майбутніх інженерів засобами чисельного моделювання.**

У статті вказано напрями удосконалення математичної підготовки майбутніх інженерів через використання професійно-орієнтованих задач у процесі формування професійних компетентностей.

**Клочко В. И., Бондаренко З. В. Интегративный подход к формированию профессиональных компетентностей будущих инженеров средствами численного моделирования.**

В статье указаны пути усовершенствования математической подготовки будущих инженеров с использованием профессионально-ориентированных задач в процессе формирования профессиональных компетентностей.

**Klochko V. I, Bondarenko Z. V. Integrativnyj the approach to formation professional competences the future engineers means of numerical modeling.**

In article ways of improvement of mathematical preparation of the future engineers with use of the is professional-focused problems in the course of formation professional competences are specified.