

ЗАСТОСУВАННЯ ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ ДО РОЗВ'ЯЗАННЯ АКТУАЛЬНИХ ПИТАНЬ З ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ ЕКОНОМІКИ

Мотивоване залучення студентів до навчання, розв'язання пізнавальних задач, побудованих на життєво важливому матеріалі, зумовлює підготовку до вирішення проблемних ситуацій, які можуть з'явитись у майбутньому професійному та особистому житті з його новими, інтеграційними якостями [3; 4; 5]. В ідеалі, кожна лекція з вищої математики повинна бути не "диктантом", а яскравою ілюстрацією проблемного навчання [6, 249]. Для цього необхідно ретельно добирати навчальний матеріал, обґрунтувати його актуальність (провести мотивацію), доступно і цікаво донести факти своїм слухачам.

Розв'язування багатьох задач економіки вимагає побудови різноманітних кривих (ліній). Саме тому вивчення теми "Криві на площині" надає майбутнім економістам ефективний засіб дослідження економічних процесів. Взаємозв'язок між координатами точки $M(x, y)$ даної кривої на площині аналі-

тично записують у явному вигляді: $y = f(x)$, або в неявному вигляді: $F(x,y)=0$, або в параметричному вигляді: $x = \varphi(t)$, $y = \psi(t)$, де f, F, φ та ψ – деякі функціональні залежності.

При вивченні теми "Криві на площині" студентів доцільно ознайомити з еколого-економічними моделями, які можна задати рівнянням прямої або рівнянням кривої 2-го порядку, розглянути їх графічні образи, а також провести деякі прогностичні обчислення, використовуючи сучасні статистичні дані та засоби комп'ютерної математики, наприклад програмно-методичний комплекс "GRAN" [1; 2].

При цьому можна звернути увагу студентів на екологічний аспект теплоенергетики України. Циклічні підвищення цін на природний газ, нафту й нафтопродукти потягли за собою перегляд енергетичної політики в багатьох країнах. У першу чергу була досліджена можливість поліпшення структури паливного забезпечення з урахуванням низки політичних, економічних, соціальних та екологічних факторів. Наприклад, в США (1975-1979 рр.) найбільш прийнятним виходом з кризової ситуації була визнана програма заміни газу і нафти на інші види палива (в основному на вугілля) у тих галузях промисловості, де це можливо, і зокрема, в електроенергетиці [7, 251].

Разом з тим, при виконанні цього плану виникли серйозні труднощі, серед яких найважливішою стала проблема забруднення навколишнього середовища, що тісно пов'язана з видом та якістю палива, яке споживається. Енергетика України є частиною глобальної енергосистеми, для якої існують єдині об'єктивні економічні закони, і тому вона не може розвиватися без урахування загальносвітових тенденцій, таких, як дефіцит і значне підвищення вартості нафти і газу, як необхідність переорієнтації на споживання інших видів енергоресурсів, як проведення науково-дослідної роботи щодо забезпечення вимог охорони навколишнього середовища.

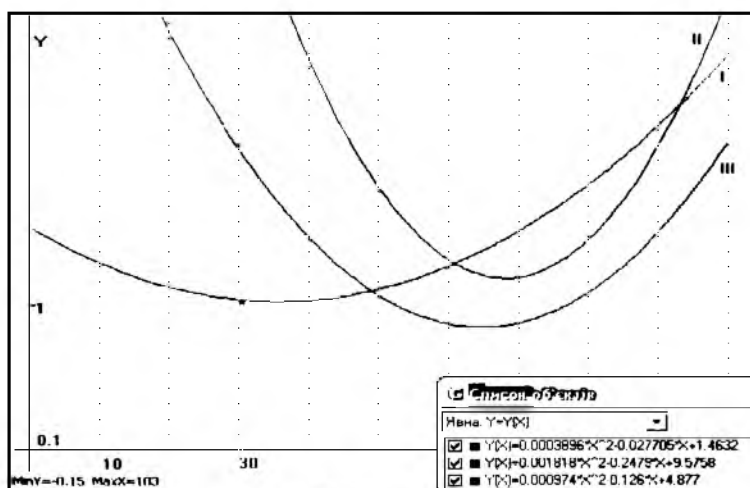
Моделювання залежності атмосфероохоронних витрат від ступеня знешкодження викидів димових газів ТЕС [7], а саме для викидів діоксиду сірки SO_2 , сумарної кількості оксидів азоту NO_x (символом NO_x позначають різноманітні з'єднання азоту з киснем: монооксид NO , діоксид NO_2 та ін.), та золи дозволило знайти залежність відносної зміни питомих капітальних витрат (B_e) від ступеня знешкодження викидів оксидів азоту NO_x (E , %):

$$B_e = 0,0003896E^2 - 0,027705E + 1,4632 \text{ (некаталітичними методами); (I)}$$

$$B_e = 0,001818E^2 - 0,2479E + 9,5758 \text{ (каталітичними методами); (II)}$$

$$B_e = 0,000974E^2 - 0,126E + 4,877 \text{ (комплексним регулюванням). (III)}$$

Геометрична інтерпретація моделі подається в GRAN1 (Малюнок 1).



Малюнок 1

Аналізуючи наведені криві можна повідомити студентам, що характер зростання витрат, виражених у відносних одиницях вартості, суттєво не залежить від того, у якій валюті ці витрати вимірюються: тут має значення саме технологічний аспект. Одиначний рівень витрат ($B_e=1$) відповідає 30%-му ступеню очистки некаталітичними методами (точка *(30; 1)). Вартісне значення питомих капітальних витрат B_k при базовому рівні знешкодження ($E=30\%$) дорівнює 130 ум. од. / T_{NO_x} .

Точність аналітичних залежностей зумовлює фахова обробка і точність інформаційного наповнення моделі. Для розрахунків моделі "ступінь знешкодження – питомі витрати" використовуються різні види залежностей та рівнянь, зокрема й лінійна залежність. Вивчаючи пряму на площині, майбутнім економістам можливо проілюструвати, як за допомогою математичного апарату та засобів GRAN1 або GRAN-2D проводяться прогностичні обчислення еколого-економічної моделі, на прикладі наступної задачі.

Задача (модель розроблена за матеріалами з оцінки та прогнозування атмосфероохоронних витрат у теплоенергетиці України [7, 198-268]).

Структура палива, яке споживається на Змієвській ТЕС: вугілля – 68,5%; мазут – 4,1%; газ – 27,4%. Прийнято рішення про зміну структури палива: вугілля – 75%; мазут – 15%; газ – 10%. Загальний обсяг палива не змінюється і складає 4314 тис. т умовного палива за рік. На основі усереднення даних про викиди встановлено, що маса забруднюючих речовин при використанні лише газу залишалася на рівні 0,002 т/т. ум. пал. У разі зміни структури палива і збільшення питомої ваги від 0 до 100% мазуту та вугілля, відбувалося лінійне збільшення питомих викидів: SO_2 – до 0,03, NO_x – до 0,003 при споживанні мазуту, а також SO_2 – до 0,0222, NO_x – до 0,039 для вугілля. Необхідно дати прогнозну оцінку зміни обсягу викидів оксидів сірки SO_2 та азоту NO_x .

Інформаційне наповнення моделі

Таблиця 1

Значення корегуючого коефіцієнту в залежності від структури палива

Питома вага вугілля в структурі палива, що споживається, %	до 20	21-40	41-60	61-80	більше 80
Значення корегуючого коефіцієнту (k_w)	0,85	0,88	0,92	0,96	1,0

Таблиця 2

Показники теплових електростанцій України

ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ	Потужність (P), МВт	Виробництво електроенергії, млн. кВт·год	СТРУКТУРА ПАЛИВА, %			Прогноз питомих кап. витрат при 15-97,5% ступені знешкодження SO_2 , ум. од. /т	$K_n = B_n/E$
			Вугілля	Мазут	Газ		
Ладизинська	1800	6284	53,4	0,2	46,4	$B = 4,418 E^{0,9763}$	0,725
Углегорська	3600	13748	32,8	12,4	54,8	$B = 11,646 E^{0,9771}$	1,913
Запорізьська	3600	11154	48,5	7,7	43,8	$B = 16,745 E^{0,978}$	2,8
Зуєвська	1200	5506	54,1	1,8	44,1	$B = 5,523 E^{0,9763}$	0,9125
Кураховська	1460	8450	87,1	12,9	0,0	$B = 6,004 E^{0,9778}$	1
Бурштинська	2100	8704	57,0	10,3	32,7	$B = 6,004 E^{0,9778}$	1
Луганська	1400	6671	55,6	23,0	21,4	$B = 6,237 E^{0,9752}$	1,025
Славянська	1440	3173	55,0	18,4	26,6	$B = 5,794 E^{0,9776}$	0,9625
Старобішевська	1750	8593	72,8	19,5	7,7	$B = 6,414 E^{0,9774}$	1,075
Придніпровська	1740	9022	71,5	5,7	22,8	$B = 6,012 E^{0,9759}$	0,9875
Криворізька	2820	14585	79,0	7,7	13,3	$B = 8,044 E^{0,9777}$	1,338
Трипольська	1800	7903	54,6	19,5	28,9	$B = 6,347 E^{0,9766}$	1,05
Змієвська	2190	12326	68,5	4,1	27,4	$B = 7,469 E^{0,9794}$	1,25
Середнє значення за ТЕС	2069					$B = 6,564 E^{0,9765}$	1,075

Зауваження. За даними таблиці 2 можна створювати різні варіанти розрахункових моделей для індивідуальної роботи студентів.

Математичний апарат моделі

- Аналітична геометрія:

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} \text{ – рівняння прямої, що проходить через 2 задані точки;}$$

$$Ax + By + C = 0 \text{ – загальне рівняння прямої;}$$

$$y = kx + b \text{ – рівняння прямої з кутовим коефіцієнтом.}$$

- Середньозважене значення питомих викидів: $m_i = \sum q_i \mu_j$ (IV) q_i – питоми викиди i -ої забруднюючої речовини з розрахунку на 1 тону умовного палива, т/т ум. п.; μ_j – частка j -го палива у загальній структурі палива, що споживається, част. од. Проектна ступінь знешкодження ви-

кидів: $E - \frac{\Delta M(100 - E_{\bar{c}})}{M_{\bar{c}}} + E_{\bar{c}} (V)$ ΔM – необхідна маса зниження викидів, т; $M_{\bar{c}}$ – базова (існуюча) маса викиду, т; $E_{\bar{c}}$ – базовий ступінь знешкодження викидів, %.

- Капітальні витрати на зниження викидів SO_2 : $B = k_{10}(B_{np} - k_3 B_{\bar{c}}) \Delta M$ (VI) k_{10} – корегуючий коефіцієнт, що враховує питому вагу вугілля у загальній структурі палива; k_3 – коефіцієнт заміщення витрат (для теплоенергетики = 0,3-0,5); B_{np} , $B_{\bar{c}}$ – питомі капітальні витрати при проектному та базовому ступеню знешкодження викидів, ум. од. /т.
- Капітальні витрати на зниження викидів NO_x : $B_{kNO_x} = k_6(B_{\bar{c}(np)} - k_3 B_{\bar{c}(b)}) \Delta M$ (VII) k_6 – коефіцієнт для переведення відносних одиниць у вартісний вираз (при $E=30\%$, $k_6=130$ ум. од. / T_{NO_x}); $B_{\bar{c}(np)}$, $B_{\bar{c}(b)}$ – проектне і базове відносне значення питомих капітальних витрат на знешкодження викидів однієї тони NO_x , в. од. / T_{NO_x} (розраховуються за формулами I – III в залежності від технології очистки).
- Поточні витрати *прямопропорційні* ступеню знешкодження викидів: $B_n = k_n E$ (VIII) k_n – коефіцієнт пропорційності (таблиця 2).

Розв'язування

- Виведення залежностей викидів SO_2 та NO_x за споживанням *мазуту*.

1а (SO_2): складаємо рівняння прямої, що проходить через 2 задані точки (0; 0,002) і (100; 0,03): $\frac{x}{100} =$

$\frac{y - 0,002}{0,03 - 0,002} \cdot 0,028x - 100y + 0,2 = 0$ – загальне рівняння прямої "1а";

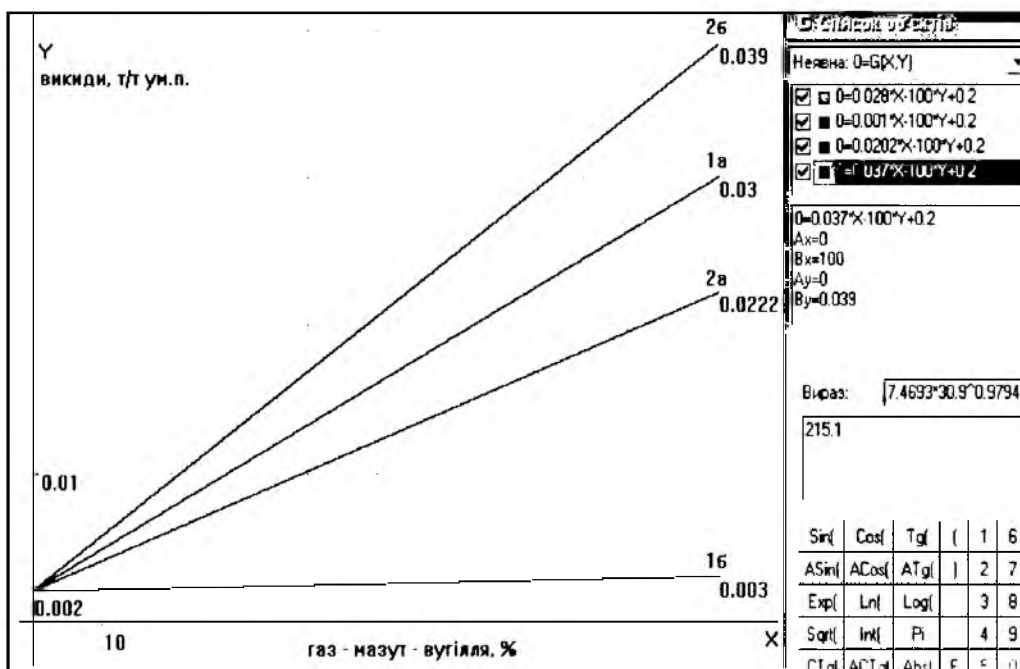
1б (NO_x) для точок (0; 0,002), (100; 0,003): $0,001x - 100y + 0,2 = 0$ – "1б".

- Виведення залежностей викидів SO_2 та NO_x за споживанням *вугілля*:

· 2а (SO_2) для точок (0; 0,002), (100; 0,0222): $0,0202x - 100y + 0,2 = 0$ – "2а";

· 2б (NO_x) для точок (0; 0,002), (100; 0,039): $0,037x - 100y + 0,2 = 0$ – "2б".

- Створення номограми та проведення обчислень за допомогою послуг "Графік" та "Операції / Калькулятор" у GRAN1 (Малюнок 2) можна провести на лекції або практичному занятті з теми "Рівняння прямої на площині".



Малюнок 2

Зауваження. ППЗ GRAN-2D містить послугу "Об'єкт \ Створити \ Пряма, що проходить через 2 задані точки". У разі її застосування втрачається суть знаходження рівняння прямої та зміст навчальної мети заняття з даної теми.

- ✓ Розрахункові викладки.

1) Експрес-метод оцінки питомих викидів тон SO_2 на тону умовного палива за номограммою (структура палива, % \rightarrow викиди SO_2 , т/т ум. п.):

	Базова	Проектна
Вугілля	68,5% \rightarrow 0,016	75% \rightarrow 0,017
Газ	27,4% \rightarrow 0,002	10% \rightarrow 0,002
Мазут	4,1% \rightarrow 0,0031	15% \rightarrow 0,0062

2) Середньозважене значення питомих викидів SO_2 за формулою IV:

$m_b = 0,016 \cdot 0,685 + 0,002 \cdot 0,274 + 0,0031 \cdot 0,041 = 0,011635$ т/т ум. п. – діюча структура;

$m_{np} = 0,017 \cdot 0,75 + 0,002 \cdot 0,1 + 0,0062 \cdot 0,15 = 0,01388$ т/т ум. п. – проектна структура.

3) Загальна маса викиду SO_2 для заданого обсягу палива 4314000 т ум. п.:

$M_b = 0,011635 \cdot 4314000 = 50194$ т/рік;

$M_{np} = 0,01388 \cdot 4314000 = 59878$ т/рік.

✓ Аналогічне проведення прогнозу оцінки зміни обсягу викидів NO_x (для самостійної роботи студентів).

Продовження задачі. Після відповідного аналізу було прийнято рішення про будівництво установки, що дозволяє знизити викиди SO_2 на 10000 т/рік. Викиди SO_2 за проектною структурою палива відповідають 17%-му рівню знешкодження. Дати прогнозу оцінку додаткових капітальних і поточних витрат.

Розв'язування цієї задачі може скласти зміст самостійної розрахункової роботи студентів та усних повідомлень.

4) Необхідна (проектна) ступінь знешкодження викидів SO_2 за формулою V: $E_{np} = \frac{10000(100-17)}{59878} + 17 = 30,9\%$.

5) Використовуючи залежності з таблиці 2, визначимо питомі капітальні витрати при базовому і проектному ступені знешкодження викидів: $B_{k(б)}(17) = 7,4693 \cdot 17^{1,9794} = 119,8$ ум. од. /т;
 $B_{k(np)}(30,9) = 7,4693 \cdot 30,9^{0,9794} = 215,1$ ум. од. /т.

6) Загальний обсяг капітальних витрат, необхідних для реалізації проекту за формулою VI:

$B_k = 0,96 \cdot (215,1 - 0,3 \cdot 119,8) \cdot 10000 = 1720000$ ум. од. ,

корегуючий коефіцієнт $k_{co} = 0,96$ (таблиця 1), оскільки питома вага вугілля залишилась у діапазоні 61-80 %.

7) Поточні витрати за даними таблиці 2 та за формулою VIII:

$B_n = 1,25 \cdot 30,9 = 38,63$ ум. од. /т SO_2 або 386300 ум. од. /рік.

Аналогічні доповнення до задачі та обчислення капітальних витрат на зниження викидів проводяться для NO_x з використанням формули VII.

Будуючи та досліджуючи математичні моделі реальної дійсності, слід звертати увагу студентів на те, що кожна така модель дає наближені результати (більш або менш точні). Зокрема, сферою застосування отриманих тут результатів є орієнтовні, попередні еколого-економічні розрахунки проектів. Хоча в цілому залежності витрат від ефективності знешкодження викидів мають нелінійний характер: це можуть бути й криві другого порядку (параболічного, гіперболічного типу), але математична модель лінійної залежності $\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1}$ між змінними x та y , коли відомі дві пари значень $(x_1; y_1)$, $(x_2; y_2)$ цих змінних, зокрема прямопропорційна залежність $y = kx$, необхідні для побудови та розрахунку масштабних еколого-економічних моделей.

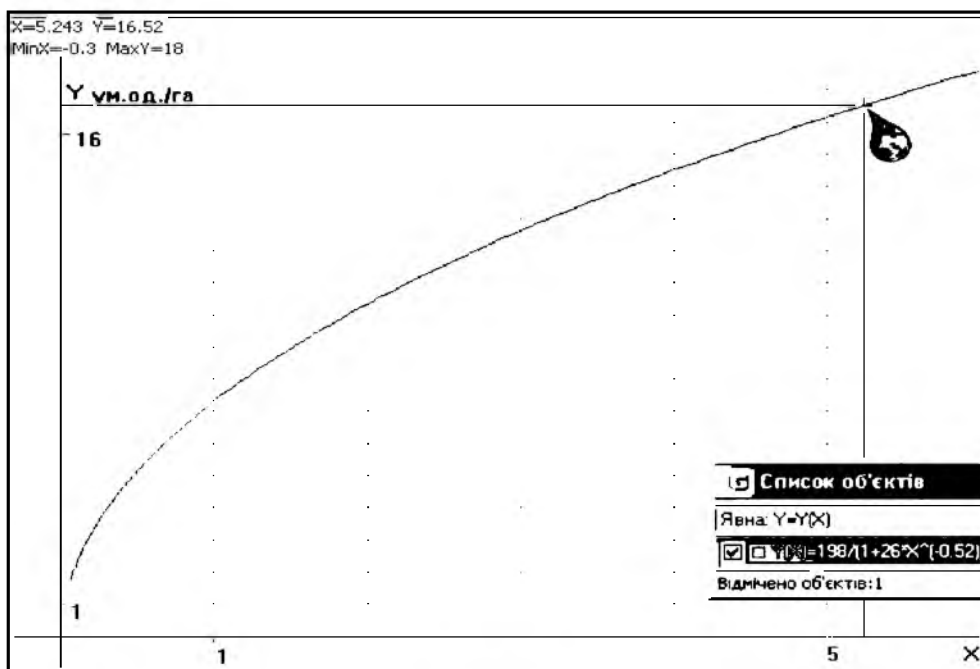
Наведемо ще один приклад "еколого-економічної" залежності, пов'язаної із збитками сільськогосподарського виробництва у зоні впливу ТЕС.

Наприклад, викиди оксидів сірки приводять до зниження врожайності сільськогосподарських культур на 16,6% при концентрації SO_2 від 0,01 до 0,05 мг/м³ повітря; на 25% – від 0,06 до 0,1; на 33,6% – від 0,1 до 0,15. Результати досліджень стали інформаційною базою для отримання емпіричної залежності питомих збитків (ум. од. /га) від інтегрального показника забруднення x :

$$y = \frac{198}{1 + 26x^{-0,52}} \quad (IX)$$

(інтегральний показник забруднення сформований із урахуванням викидів оксидів сірки, азоту, вуглецю і золи) [7, 284-287].

Побудуємо номограму для визначення питомих збитків рослинництву від забруднення атмосферного повітря (Малюнок 3).



Малюнок 3

Зуваження. За GRAN-номограмою зручно знаходити значення функціональної залежності. Для цього достатньо встановити на графіку курсор (у вигляді хрестика) в точці з відомою абсцисою. Координати X та Y точки, в якій знаходиться курсор, відображаються у спеціально відведеному рядку у вікні "Графік" (для $X = 5,243$ відповідне значення $Y = 16,52$).

Використовуючи номограму та дані таблиці 3 (для орієнтовних розрахунків навчальних задач представлені дані є цілком коректними), можна визначити збитки рослинництву за економічними регіонами України:

$$Y = y \cdot S \cdot a \text{ (млн. ум. од. /рік), (X)}$$

де y – питомі збитки від забруднення, ум. од. /га; S – площа земельних угідь за регіонами, тис. га; a – частка земельних угідь, що знаходяться в зоні впливу ТЕС, част. од.

Таблиця 3

Економічні збитки рослинництву від забруднення атмосферного повітря в зоні впливу ТЕС

Економічний район	Орієнтовний показник забруднення за регіоном, x	Площа земельних угідь, тис. га	Питома вага земельних угідь у зоні впливу ТЕС, %
Кримський	0,33	1178,7	8,9
Донецький	5,24	3140,4	28,9
Карпатський	1,05	1812,7	7,6
Подільський	0,63	4202,7	5,1
Поліський	1,08	4238,5	5,9
Придніпровський	2,79	4147,9	24,6
Причорноморський	0,53	5581,5	5,7
Східний	1,32	5269,3	7,5
Центральний	0,48	4660,1	5,8

Наприклад: *Донецький регіон:* за таблицею $x = 5,24$, тоді за номограмою $y = 16,52$ ум. од. /га, а збитки $Y = 16,52 \cdot 3140,4 \cdot 0,289 = 14990$ тис. ум. од. /рік = 14,99 млн. ум. од. /рік.

Центральний регіон: $x = 0,48$; $y = 5,066$;

$$Y = 5,066 \cdot 4660,1 \cdot 0,058 = 1,369 \text{ млн. ум. од. /рік.}$$

Завдяки проведеним прогнозним обчисленням та їх унаочненню засобами комп'ютерних технологій нами конкретизовано обсяг деяких реальних екологічних проблем в економіці. Якщо майбутньому фахівцю надати нагоду відчутти і побачити, опрацювати і осмислити подібні еколого-

економічні моделі, то це збільшить шанс того, що у своїй професійній діяльності він не буде байдужим до проблем охорони навколишнього середовища.

Список використаних джерел

1. Жалдак М. І., Вітюк О. В. Комп'ютер на уроках геометрії: Посібник для вчителів. – К.: РННЦ "Дініт", 2003. – 168 с.
2. Жалдак М. І., Горошко Ю. В., Вінниченко Є. Ф. Математика з комп'ютером. – К.: РННЦ "Дініт", 2004. – 168 с.
3. Корнійчук О. Е. Етичні аспекти економічного мислення // Актуальні проблеми економіки. – 2005 – № 6. – С. 3-14.
4. Корнійчук О. Е. Мотиваційні детермінанти в структурі методичної системи навчання математики для економістів // Збірник наукових праць. Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики. Т. -І. – Кривий Ріг: Вид. відділ НМетАУ, 2008. – 448 с. – С. 61-66.
5. Корнійчук О. Е. GRAN-ілюстрація та прогнозні обчислення еколого-економічної моделі // Науковий часопис НПУ ім. М. П. Драгоманова. Серія №2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання: Зб. наукових праць / Редрада. – К.: НПУ імені М. П. Драгоманова, 2007. – №5 (12). – С. 131-136.
6. Михалін Г. О. Професійна підготовка вчителя математики у процесі навчання математичного аналізу. – К.: РННЦ "ДІНІТ", 2003. – 320 с.
7. Телиженко А. М. Экономика чистого воздуха: международное управление. – Сумы: ИТД "Университетская книга", 2001. – 326 с.