

## МЕТОДИКА НАВЧАННЯ

УДК 629.5.036:004.8

doi.org/10.33298/2226-8553.2025.3.43.25

© Гейлик А. В., Ляшко О. В., Вяла Ю. Е.

**ІНТЕГРАЦІЯ КОРЕЛЯЦІЙНО-РЕГРЕСІЙНИХ МОДЕЛЕЙ  
ТА ОПТИМІЗАЦІЙНИХ ЗАДАЧ У ФОРМУВАННІ ПРОФЕСІЙНОЇ МАТЕМАТИЧНОЇ  
КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ**

У статті обґрунтовано доцільність посилення прикладної спрямованості математичної підготовки майбутніх фахівців морського і річкового транспорту шляхом використання кореляційно-регресійних моделей та задач оптимізації. Метою дослідження є висвітлення методичних підходів до формування професійної математичної компетентності студентів морських спеціальностей у процесі вивчення дисциплін математичного циклу. Методологічну основу дослідження становлять компетентнісний та діяльнісний підходи, методи математичного моделювання, аналізу статистичних даних і педагогічного узагальнення. У статті наведено приклади навчальних задач, зорієнтованих на реальні процеси морського та річкового транспорту, що демонструють можливості застосування методу найменших квадратів, тренд-аналізу та методів умовної і безумовної оптимізації. Показано, що поєднання класичних математичних методів із використанням цифрових інструментів сприяє підвищенню рівня математичної та професійної компетентності майбутніх фахівців транспортної галузі.

**Ключові слова:** професійна математична компетентність; морська та річкова освіта; прикладна спрямованість навчання; кореляційно-регресійний аналіз; оптимізаційні задачі.

**Постановка проблеми.** Підготовка фахівців морського та річкового флоту має свою специфіку, яка підтверджується практикою; міжнародними документами морської галузі (Міжнародна конвенція про підготовку і дипломування моряків та несення вахти); нормативними документами України (Закон України «Про освіту», «Про вищу освіту»; Морська доктрина України на період до 2035 року; Декларація про європейський простір для вищої освіти).

Модернізація системи вищої морської та річкової освіти, орієнтація на міжнародні стандарти підготовки фахівців і зростання вимог до безпеки судноплавства зумовлюють необхідність підвищення якості фундаментальної та професійної підготовки здобувачів вищої освіти. Особливу роль у цьому процесі відіграє математична підготовка, яка забезпечує формування здатності до аналізу, прогнозування та оптимізації професійних процесів у транспортній галузі.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Проблеми формування математичної та професійної компетентності студентів закладів вищої освіти розглядалися у працях вітчизняних і зарубіжних науковців. Значну увагу компетентнісному підходу в математичній освіті приділено у дослідженнях Ю. Колягіна, Л. Кудрявцева, Н. Ходиревої, В. Клочка та ін. Окремі аспекти математичної підготовки майбутніх фахівців морської та річкової галузі висвітлено у працях В. Кліндухової, О. Ляшко, А. Гейлик, Ю. Вялої, Т. Джежунь та інших. Разом із тим питання системного використання кореляційно-регресійного аналізу й оптимізаційних моделей у процесі формування професійної математичної компетентності потребує подальшого науково-методичного осмислення.

**Мета даної статті.** Метою статті є обґрунтування методичних підходів до формування професійної математичної компетентності майбутніх фахівців морського і річкового транспорту на основі використання кореляційно-регресійних моделей та задач оптимізації у процесі навчання вищої математики.

**Методологічну основу дослідження** становлять компетентнісний і діяльнісний підходи. У процесі дослідження використано такі методи: теоретичний аналіз і узагальнення наукових джерел;

аналіз навчальних програм і змісту дисциплін математичного циклу; педагогічне узагальнення досвіду викладання вищої математики у закладах вищої морської освіти; методи математичного моделювання, кореляційно-регресійного аналізу, оптимізації та статистичної обробки даних.

**Виклад основного матеріалу.** Математика виступає універсальною мовою інженерних розрахунків і досліджень у морській галузі. Недостатній рівень математичної підготовки унеможливило ефективне опанування дисциплін природничо-наукового та професійного циклів. Водночас доцільно організоване навчання вищої математики, зорієнтоване на професійні задачі, є дієвим засобом формування математичної компетентності майбутніх судноводіїв і суднових механіків.

Розглянуті у статті приклади демонструють можливості використання кореляційно-регресійних моделей для аналізу реальних процесів морського та річкового транспорту: вантажообігу, пасажирських перевезень, аварійності, часових витрат на вантажні операції. Такий підхід дозволяє показати студентам відмінність між функціональними та статистичними залежностями і сформулювати навички інтерпретації результатів математичного моделювання.

Наведемо декілька конкретних прикладів. Аналітична інформація для них узятая нами із відомих підручників, періодичних джерел та електронних ресурсів.

Перша група прикладів стосується безпосередньо методу найменших квадратів. З одного боку, ми демонструємо студентам застосування диференціального числення функцій декількох змінних для розв'язування оптимізаційних задач (або ж розглядаємо сам метод найменших квадратів як застосування задач безумовної оптимізації), тим самим підтримуючи та розвиваючи математичну грамотність студентів-моряків. З іншого боку, в експлуатаційній практиці достатньо часто мають місце саме кореляційні, а не функціональні зв'язки (наприклад, час слідування судна, час та продуктивність вантажних робіт на судні, тощо). Рівняння регресії для аналітичного відображення та подальшої графічної інтерпретації цих кореляційних зв'язків будуються, як відомо, за допомогою методу найменших квадратів [2], [3]. Тому «вплітаючи» подібні задачі у традиційний матеріал, ми сприяємо формуванню якісної професійної математичної компетенції студентів.

**Приклад 1.** Використовуючи данні таблиці 1, методом найменших квадратів побудувати рівняння лінійної залежності осадки вантажного теплоходу від кількості вантажу. На координатній площині побудувати експериментальні точки та графік отриманої прямої [2, с.36].

Таблиця 1 - Експериментальні дані до прикладу 1

Кількість вантажу	$x$ (тис. т)	0,35	2,45	4,4	6	2,6	1,8	5,3
Осадка теплоходу	$y$ (м)	1	2	3	3,8	2,5	1,5	3,5

**Приклад 2.** Дослідити тренд розвитку пасажирських перевезень на річковому та морському транспорті в Україні з 2017 по 2022 рік (таблиця 2). Побудувати відповідні лінійні тренд-функції. Проаналізувати рівняння отриманих прямих (зокрема кутові коефіцієнти) та зробити висновки [3].

Таблиця 2 - Статистичні дані до прикладу 2

Роки ( $x$ )	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Перевезення морським транспортом ( $y_1$ , млн.)	26	8	4	11	7	6
Перевезення річковим транспортом ( $y_2$ , млн.)	19	4	2	2	1	1

**Приклад 3.** Скласти рівняння та побудувати графік лінійної тренд-функції, яка відображає стан аварійності на внутрішніх водних шляхах в Європі (дані ETSC, Eurostat, IMO / ILO, наявні до 2022–2023, адаптовані до розв'язання Тренд-задачі).

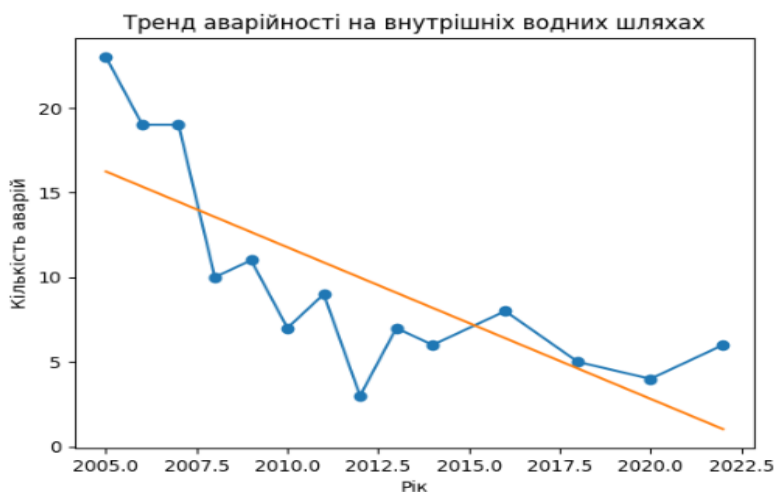
Таблиця 3 - Статистичні дані до прикладу 3

Роки ( $x$ )	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2016	2018	2020	2022
Число аварій ( $y$ )	11	19	9	3	7	6	8	5	4	6

**Коментарі до розв'язання прикладів 1-3.** Студентам пропонується і розв'язання відповідної системи нормальних рівнянь, і подальші графічні побудови виконати «вручну», тобто без застосування спеціальних програмно-педагогічних засобів. Саме для цього підібрано невеликий масив даних, що містить числа, які не призведуть до занадто громіздких обчислень. Саму ж систему нормальних рівнянь можна запропонувати розв'язати або методом Крамера, або іншими методами, що вивчалися у курсі вищої математики.

Запропоновані приклади доцільно використовувати у навчальному процесі під час вивчення тем «Метод найменших квадратів», «Тренд-аналіз» та «Елементи кореляційно-регресійного аналізу», зокрема з використанням табличних процесорів MS Excel.

Побудоване рівняння лінійної тренд-функції  $y = -0,895x + 16,24$  відображає загальну тенденцію до зменшення аварійності на внутрішніх водних шляхах у досліджуваній період. Значення коефіцієнта детермінації  $R^2 = 0,58$  свідчить про помірний ступінь щільності кореляційного зв'язку, що є типовим для процесів, зумовлених сукупною дією технічних, організаційних та людських факторів. Від'ємний кутовий коефіцієнт ( $-0,895$ ) вказує на загальну тенденцію зниження аварійності, у середньому майже на одну аварію щороку.



Коливання навколо тренду свідчать про доцільність подальшого застосування нелінійних моделей або багатофакторного аналізу, що може бути предметом окремих навчально-дослідницьких завдань.

Отримані результати доцільно використовувати як приклад прикладного застосування методів математичного моделювання та статистичного аналізу у професійній підготовці майбутніх фахівців морського і річкового транспорту.

Складаючи та пропонуючи для розв'язування студентам подібні задачі, слід мати на увазі, що для більшості транспортних операцій у довідковій літературі наводиться рекомендована необхідна кількість спостережень, яка дозволяє зробити обґрунтовані висновки щодо загальних тенденцій та зв'язків між технічними показниками. Зокрема, число спостережень ( $N$ ), що наводиться у таблиці 4 забезпечує відносну граничну похибку середнього значення показника 10% з ймовірністю 0,95. Для того щоб покращити точність до 5%, число спостережень необхідно збільшити приблизно у 4 рази [2, с.38].

Таблиця 4 – Число спостережень (N)

Операції	Кількість спостережень
Час ходу судна	5
Тривалість шлюзування	20
Тривалість бункеровки	40
Час завантаження (довантаження)	70
Час розвантаження	100
Час пропуску суден через шлюзи	120
Час технологічних очікувань	400

Кореляційні (регресивні) моделі процесів, які тим чи іншим чином відносяться до професійної діяльності студентів факультетів морського транспорту, далеко не завжди мають лінійний характер. Важливо, щоб студенти мали про це уявлення. Складання рівнянь та побудова графіків відповідних нелінійних залежностей є достатньо громіздкими. Тому для розв'язання таких задач студентам доцільно запропонувати використовувати комп'ютер.

**Приклад 4.** Відомо, що одним із основних елементів тривалості рейсу судна є витрати часу стоянки на виконання вантажних операцій. Значення цього показника залежить від кількості вантажу на борту судна; класу вантажу; технологічної схеми; класу вантажного приміщення; коефіцієнту конструктивної нерівномірності трюмів; числа люків на судні та інших факторів. Ставиться задача: дослідити за допомогою MS Excel залежність показника часу стоянки судна ( $y$ , доба) від кількості вантажу на борту ( $x$ , тис. т), використовуючи статистичні данні по обробці суден у Одеському порту (рис. 1.) [4, с.309]:.

**Коментарі до розв'язання прикладу 4.** Переслідуючи мету підтримки та подальшого розвитку графічної та інформаційної грамотності студентів, наведена вище точна діаграма пропонується студентам не в електронному вигляді. Тобто для подальшої роботи з електронними таблицями MS Excel, студенти повинні вміти «прочитати» координати точок та занести їх у відповідні комірки. Далі студенти, використовуючи детальну довідку MS Excel, виконують ряд операцій по побудові ліній тренда. У таблиці 5 наведені результати, які отримують студенти. Зрозуміло, що це лише одна із можливих правильних відповідей, так як координати точок діаграми можна визначити лише наближено.

Таблиця 5 - Основні тренд-функції до прикладу 4 та їх оцінка

Тип залежності	Модель зв'язку	Показник точності кореляційного зв'язку, $R^2$
Лінійна	$y = 0,3608x + 0,5668$	$R^2 = 0,7319$
Квадратична (поліноміальна другого степеня)	$y = -0,0062x^2 + 0,4587x + 0,3209$	$R^2 = 0,7355$
Логарифмічна	$y = 1,4904 \ln(x) + 0,8029$	$R^2 = 0,5989$
Експоненційна	$y = 0,7609 e^{0,155x}$	$R^2 = 0,6258$

Фундаментальний курс вищої математики студентів морських спеціальностей, як правило, не передбачає вивчення теорії та практики кореляційно-регресивного аналізу. Однак, ми вважаємо доцільним та необхідним, щоб вони все ж таки отримували уявлення про ті критерії, за якими обирають ту чи іншу форму аналітичного зв'язку (регресійну модель). Так як у даному прикладі ми пропонуємо використовувати MS Excel, то для такого аналізу студентам необхідно вибрати в параметрах лінії тренда опцію: «Помістити на діаграму величину апроксимації  $R^2$ ». В довідковій літературі  $R^2$  називають також коефіцієнтом детермінації або квадратом коефіцієнта кореляції. Студентам важливо повідомити,

що оцінка щільності зв'язку між результативною ознакою  $y$  (регресантом) і факторною ознакою  $x$  (регресором) відбувається за шкалою, що наведена у таблиці 2 [3, с.51].

Таблиця 6 - Оцінка показника щільності кореляційного зв'язку

Зв'язок відсутній	Слабкий зв'язок	Зв'язок помірний	Зв'язок помітний	Сильний зв'язок	Достатньо сильний зв'язок	Функціональний зв'язок
$R^2 = 0$	$0,1 \leq R^2 < 0,3$	$0,3 \leq R^2 < 0,5$	$0,5 \leq R^2 < 0,7$	$0,7 \leq R^2 < 0,9$	$0,9 \leq R^2 < 0,99$	$R^2 = 1$

Аналізуючи результати таблиці 5, бачимо, що з усіх представлених, найбільш вдалою є квадратична (рис.3) та лінійна (рис.2) модель. Однак, враховуючи подальшу поведінку квадратичної функції (спадання після екстремальної точки), варто зробити вибір на користь лінійної моделі.

Взагалі, пропонуючи студентам для розв'язання задачі подібного характеру, варто володіти інформацією про можливі тенденції та характерні особливості розвитку досліджуваних процесів, а також про те, які аналітичні вирази здатні відображати ці тенденції та характерні риси [4, с.308]. Зокрема тренд-функцію можна визначити:

- шляхом розпізнання аналітичного виразу по геометрії емпіричного графіка (дискретного набору даних);
- формулюючи специфічну сталість, що задана раніше і повинна знайти відображення у шуканому аналітичному виразі;
- завдяки гіпотетичним аналогіям між поведінкою характеристик процесу, що досліджується, та властивостями математичних функцій.



Рисунок 1. Кореляційне поле задачі 4

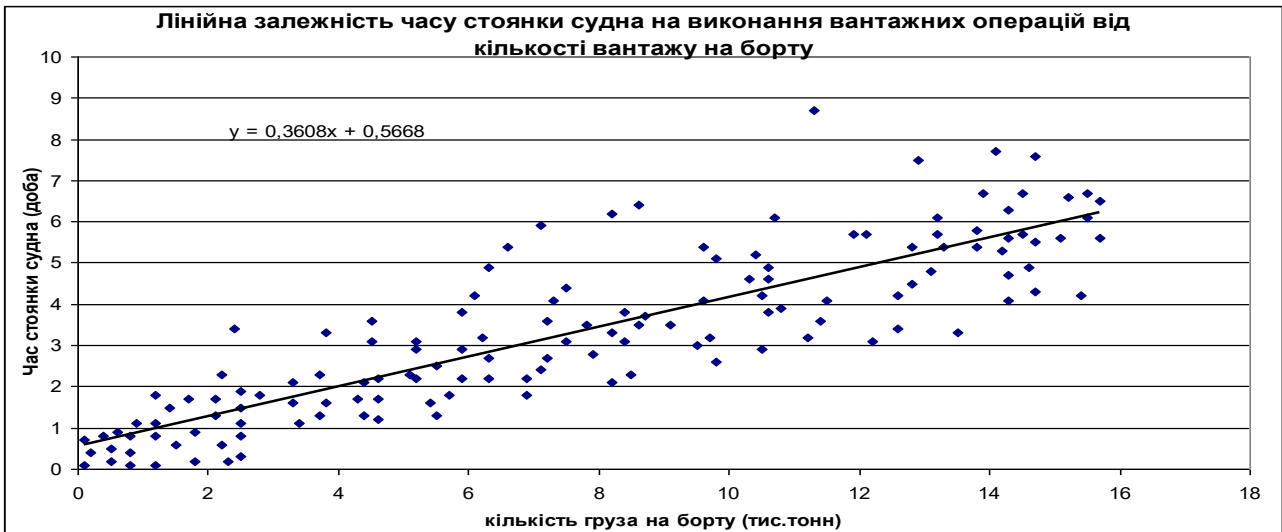


Рисунок 2 – Лінійна модель

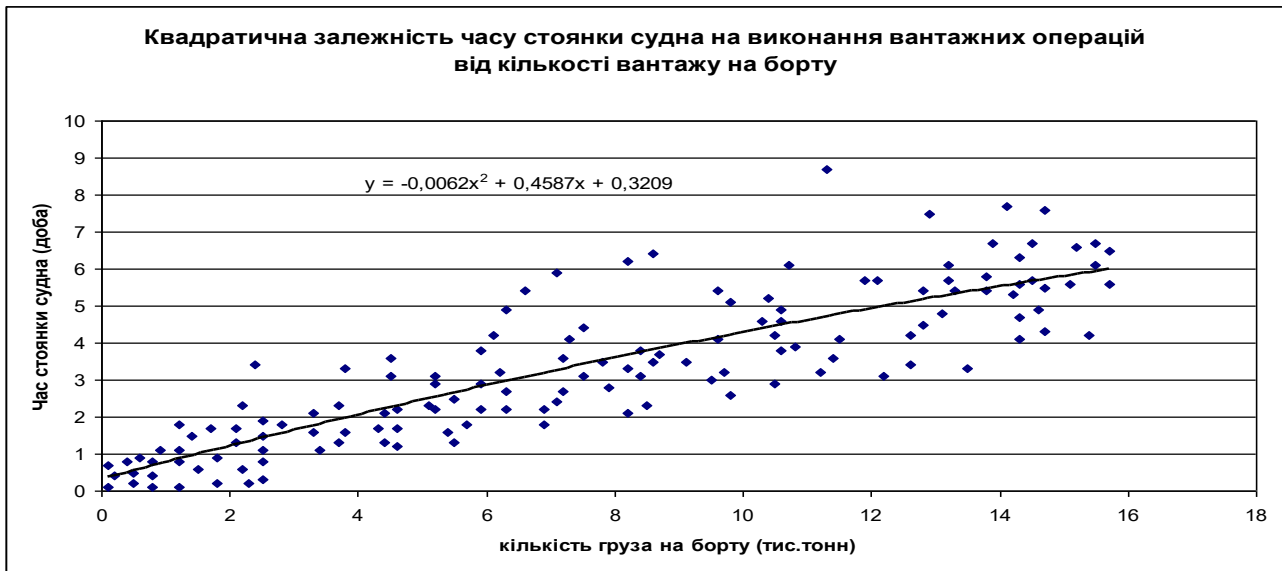


Рисунок 3 – Квадратична модель

Інша група прикладів має відношення до розділу «Задачі умовної оптимізації», який у деяких Вищих морських навчальних закладах включають у програму вивчення вищої математики, а в деяких ні. Практичний досвід та психолого-педагогічні дослідження (і наші [1], і інших дослідників) показали, що даний розділ є цікавим для студентів, посильним для вивчення, а також володіє широкими та глибокими можливостями для реалізації прикладної спрямованості.

**Приклад 5.** За коротку літню навігацію необхідно доставити 7 тисяч тонн тарно-штучних вантажів в контейнерах трьох типів. При цьому відправлено може бути біля 3 тисяч контейнерів. В контейнерах першого типу розміщається 1 т вантажу; другого типу – 2 т; третього типу – 5 т. Для річкового транспорту вказані перевезення економічної вигоди можуть не мати, тому наша мета *мінімізувати загальні витрати та приблизно їх обчислити*. При цьому відомо, що витрати по перевезенню контейнерів складають  $2x^2 + 2y^2 + 2z^2$  (де  $x$  - кількість контейнерів першого типу;  $y$  - другого типу;  $z$  - третього типу), а доходи:  $(x + 2y + 3z)$ . Також відомо, що сумісне використання контейнерів трьох типів (через краще розміщення на судні) дає додатковий дохід (призводить до зменшення збитковості перевезень):  $2xy + 2yz$  [6, с.206].

**Коментарі до розв'язання.** Математична модель відповідної задачі умовної оптимізації матиме вигляд:

$$u = (2x^2 + 2y^2 + 2z^2) - (x + 2y + 3z) - (2xy + 2yz) \rightarrow \min, \text{ при } \begin{cases} x + y + z = 3000 \\ x + 2y + 5z = 7000 \end{cases}$$

Студентам можна запропонувати розв'язати її методом Лагранжа. В результаті відповідних дій [4, с.81] отримуємо стаціонарну точку функції Лагранжа  $M\left(\frac{179994}{168}; \frac{208008}{168}; \frac{115998}{168}\right)$ . Дослідимо її за допомогою диференціала другого порядку:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 L}{\partial x^2} &= 4 & \frac{\partial^2 L}{\partial x \partial y} &= -2 & \frac{\partial^2 L}{\partial x \partial z} &= 0 & \frac{\partial^2 L}{\partial y^2} &= 4 & \frac{\partial^2 L}{\partial y \partial z} &= -2 & \frac{\partial^2 L}{\partial z^2} &= 4 \\ d^2 L_M &= 4dx^2 + 2 \cdot (-2)dxdy + 2 \cdot 0 \cdot dx dz + 4dy^2 + 2 \cdot (-2)dydz + 4dz^2 = \\ &= 4dx^2 - 4dxdy + 4dy^2 - 4dydz + 4dz^2 \end{aligned}$$

Як бачимо, для з'ясування знаковизначеності  $d^2 L_M$  необхідно використати додаткові умови відповідних теорем:

$$\begin{cases} (x + y + z - 3000)'_x|_M dx + (x + y + z - 3000)'_y|_M dy + (x + y + z - 3000)'_z|_M dz = 0 \\ (x + 2y + 5z - 7000)'_x|_M dx + (x + 2y + 5z - 7000)'_y|_M dy + (x + 2y + 5z - 7000)'_z|_M dz = 0 \\ \begin{cases} dx + dy + dz = 0 \\ dx + 2dy + 5dz = 0 \end{cases} & \begin{cases} dx + dy + dz = 0 \\ dy + 4dz = 0 \end{cases} & \begin{cases} dx + dy + dz = 0 \\ dy = -4dz \end{cases} & \begin{cases} dx - 4dz + dz = 0 \\ dy = -4dz \end{cases} & \begin{cases} dx = 3dz \\ dy = -4dz \end{cases} \end{cases}$$

Таким чином

$$\begin{aligned} d^2 L_M &= 4dx^2 - 4dxdy + 4dy^2 - 4dydz + 4dz^2 = 4 \cdot 9dz^2 - 4 \cdot 3dz \cdot (-4dz) + 4 \cdot 16dz^2 - 4 \cdot (-4dz)dz + 4dz^2 = \\ &= 168dz^2 > 0 \end{aligned}$$

Тому

$$\begin{aligned} &M\left(\frac{179994}{168}; \frac{208008}{168}; \frac{115998}{168}\right) \text{-умовний мінімум;} \\ u_{\text{ум.мін.}} &= u\left(\frac{179994}{168}; \frac{208008}{168}; \frac{115998}{168}\right) \approx 1946762 \text{(грош.од.)} \end{aligned}$$

Згадаємо, що  $x$ ,  $y$ ,  $z$  - кількості контейнерів відповідного типу, тому їх необхідно округлювати до одиниць.

$$u_{\text{ум.мін.}} = u(1071; 1238; 690) \approx 1945717 \text{(грош.од.)}$$

$$\Delta = |1946762 - 1945717| = 1045 \text{(грош.од.)}$$

$$\varepsilon = \left| \frac{1045}{1946762} \right| \cdot 100\% \approx 0,06\%$$

Відповідь до даної задачі може бути сформульована наступним чином: для мінімізації витрат транспортних перевезень у заданих умовах доцільно використати 1071 контейнерів першого типу; 1238 – другого та 690 – третього. При цьому загальні витрати приблизно (с точністю 0,06%) складатимуть 1945717 грошових одиниць.

#### **Методичні рекомендації щодо використання прикладів.**

Запропоновані приклади доцільно використовувати у процесі викладання дисциплін математичного циклу для студентів спеціальностей морського і річкового транспорту з метою реалізації прикладної спрямованості навчання. На початковому етапі студентам доцільно запропонувати побудову тренд-функцій та розв'язування відповідних задач аналітичними методами, що сприяє усвідомленню математичної сутності кореляційно-регресійного аналізу.

На наступному етапі доцільним є використання табличних процесорів для автоматизації обчислень, побудови графіків і визначення показників щільності кореляційного зв'язку. Такий підхід сприяє розвитку інформаційної та цифрової грамотності студентів, формує навички роботи з даними, які є необхідними у сучасній професійній діяльності фахівців транспортної галузі.

Особливу методичну цінність мають завдання, що передбачають аналіз отриманих результатів, порівняння різних типів тренд-моделей та обґрунтування вибору оптимальної аналітичної залежності. Це дозволяє інтегрувати математичні знання з професійним контекстом і сприяє формуванню цілісного бачення реальних виробничих процесів.

**Висновки.** Проведений аналіз свідчить, що використання кореляційно-регресійних моделей і тренд-аналізу у процесі навчання вищої математики є ефективним засобом формування професійної математичної компетентності майбутніх фахівців морського і річкового транспорту. Запропоновані приклади аналізу пасажирських перевезень та аварійності на внутрішніх водних шляхах дозволяють продемонструвати студентам прикладний характер математичних методів і їх значущість для вирішення професійно орієнтованих задач.

Поєднання аналітичних методів розв'язування задач із використанням цифрових інструментів забезпечує системний розвиток математичної, інформаційної та професійної грамотності здобувачів вищої освіти. Отримані результати підтверджують доцільність інтеграції елементів кореляційно-регресійного аналізу та оптимізаційних моделей у зміст дисциплін математичного циклу як одного з напрямів модернізації професійної підготовки фахівців транспортної галузі.

#### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Кліндухова В.М., Ляшко О.В. Про формування професійної математичної компетентності майбутніх фахівців морської галузі // *Science and education a new dimension*. – II (10), Issue 20, 2014. – P.66-69.
2. Колягін Ю. М. Методологічні засади математичної освіти. Київ: Освіта, 2018. 312 с.
3. Montgomery D. C. *Applied Statistics and Probability for Engineers*. 7th ed. Hoboken: Wiley, 2021.
4. OECD. *Education in the Digital Age*. Paris: OECD Publishing, 2020.
5. UNCTAD. *Review of Maritime Transport 2023*. New York: United Nations, 2023.
6. Носко М. О. Розвиток професійної компетентності майбутніх інженерів-кораблебудівників засобами математики // *Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»*. Серія «Машинобудування». – 2022. – № 2 (102). – С. 120-128.
7. Шевченко К. В. Інтеграція цифрових технологій у викладанні вищої математики для студентів технічних спеціальностей // *Комп'ютер у школі та сім'ї*. – 2023. – № 3 (171). – С. 35-39.
8. World Bank. *Digital Skills for a Digital Economy: World Development Report 2024*. Washington, DC: World Bank Group, 2024.
9. ILO. *World Maritime Transport Report 2023: Seafarers in the Digital Era*. Geneva: International Labour Organization, 2023.
10. Суховий П. Статистичний аналіз даних у судноводінні: сучасні підходи та інструменти. Львів: Lviv Polytechnic Publishing House, 2021. 280 с.
11. UNESCO Institute for Statistics. *Global Education Monitoring Report 2024: Technology in Education*. Paris: UNESCO, 2024.

12. Майор В. Застосування математичних методів моделювання в морському транспорті: навчальний посібник. Одеса: ONMU Press, 2020. 150 с.

#### REFERENCES:

1. Klindukhova V.M., Liashko O.V. Pro formuvannya profesiinoi matematychnoi kompetentnosti maibutnikh fakhivtsiv morskoi haluzi //Science and education a new dimension. – II (10), Issue 20, 2014. – P.66-69.
2. Koliashin Yu. M. Metodolohichni zasady matematychnoi osvity. Kyiv: Osvita, 2018. 312 s.
3. Montgomery D. C. Applied Statistics and Probability for Engineers. 7th ed. Hoboken: Wiley, 2021.
4. OECD. Education in the Digital Age. Paris: OECD Publishing, 2020.
5. UNCTAD. Review of Maritime Transport 2023. New York: United Nations, 2023.
6. Nosko M. O. Rozvytok profesiinoi kompetentnosti maibutnikh inzheneriv-korablebudivnykiv zasobamy matematyky // Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu Ukrainy «Kyivskiy politekhnichnyi instytut». Seriya «Mashynobuduvannya». – 2022. – № 2 (102). – S. 120-128.
7. Shevchenko K. V. Intehratsiia tsyfrovyykh tekhnolohii u vykladanni vyshchoi matematyky dlia studentiv tekhnichnykh spetsialnostei // Kompiuter u shkoli ta simi. – 2023. – № 3 (171). – S. 35-39.
8. World Bank. Digital Skills for a Digital Economy: World Development Report 2024. Washington, DC: World Bank Group, 2024.
9. ILO. World Maritime Transport Report 2023: Seafarers in the Digital Era. Geneva: International Labour Organization, 2023.
10. Sukhovi P. Statystychnyi analiz danykh u sudnovodinni: suchasni pidkhody ta instrumenty. Lviv: Lviv Polytechnic Publishing House, 2021. 280 s.
11. UNESCO Institute for Statistics. Global Education Monitoring Report 2024: Technology in Education. Paris: UNESCO, 2024.
12. Maior V. Zastosuvannya matematychnykh metodiv modeliuvannya v morskomu transporti: navchalnyi posibnyk. Odessa: ONMU Press, 2020. 150 s.

*Heilyk A., Liashko O., Viala Yu.*

#### **INTEGRATION OF CORRELATION AND REGRESSION MODELS AND OPTIMIZATION PROBLEMS IN THE FORMATION OF PROFESSIONAL MATHEMATICAL COMPETENCE OF FUTURE TRANSPORT INFRASTRUCTURE SPECIALISTS**

*The article substantiates the feasibility of strengthening the applied orientation of mathematical training of future specialists in maritime and inland water transport through the use of correlation–regression models and optimization problems. The purpose of the study is to justify methodological approaches to the formation of professional mathematical competence of students of maritime specialties in the process of studying mathematical disciplines.*

*The methodological framework of the research is based on the competency-based and activity-oriented approaches. The study employs theoretical analysis and generalization of scientific sources, analysis of educational programs, pedagogical generalization of teaching experience, as well as methods of mathematical modeling, trend analysis, correlation–regression analysis and optimization.*

*The article presents professionally oriented examples based on real statistical data, including the analysis of passenger transportation trends and accident rates on inland waterways. It is shown that the integration of analytical mathematical methods with digital tools contributes to the development of mathematical, informational and professional competencies of future transport specialists. The proposed methodological recommendations confirm the effectiveness of applying correlation–regression models as a means of modernizing mathematical education in maritime higher education institutions.*

**Keywords.:** *professional mathematical competence; maritime and inland water transport education; applied mathematics; correlation–regression analysis; trend analysis; optimization problems; digital tools in education.*

Стаття прийнята 25.09.2025