

Майбородіна Н. В., кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри природничо-математичних та загально інженерних дисциплін Відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Ніжинський агротехнічний інститут»
ORCID: 0000-0003-1754-6790

Герасименко В. П., кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри електричної інженерії Відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Ніжинський агротехнічний інститут»
ORCID: 0000-0002-4017-1141

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЗАЛЕЖНОСТІ ОБСЯГУ РЕАЛІЗОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ ВІД ОБСЯГУ ВИДОБУТКУ ЗАЛІЗНИХ РУД

Машинобудування є ключовою та стратегічно важливою галуззю української економіки, незважаючи на значні виклики, які особливо пов'язані з повномасштабною війною. Ця галузь має значний виробничий і науково-технічний потенціал. У статті розглядається розробка математичної моделі для прогнозування та аналізу обсягу реалізованої продукції підприємств машинобудівного комплексу в залежності від обсягу видобутку залізних руд в Україні. Для створення економічної моделі чи прогнозу немає потреби враховувати всю сукупність факторів, що впливають на досліджувані показники. Ключовим завданням моделювання є виділення обмеженої кількості факторів, які мають найвищий ступінь впливу на досліджувані показники. Саме ці домінуючі фактори є основою для надійного аналізу, тоді як вплив другорядних факторів можна не враховувати. В даній роботі домінуючим фактором, який впливає на обсяг реалізованої продукції машинобудування, обрано обсяг видобутку залізних руд. Для моделювання залежності обсягу реалізованої продукції машинобудування в Україні використано статистичні дані Державної служби статистики України та методи регресійного аналізу. Для автоматизації побудови моделі, аналізу моделі та з метою прогнозування на основі обраної моделі обрано табличний процесор Excel. В роботі розраховані точкові прогнозовані значення обсягу реалізації продукції машинобудівного комплексу України на 2026 рік. Для забезпечення достовірності одержаних прогнозованих значень обрано лінію регресії з найвищим коефіцієнтом апроксимації. Дослідження повністю відповідає вимогам математичного моделювання: від постановки завдання та вибору ключового показника до побудови моделі, аналізу моделі та застосування результатів для прогнозування обсягу реалізації продукції машинобудівного комплексу України на 2026 рік.

Ключові слова: машинобудування, залізна руда, регресійний аналіз, прогноз.

Maiborodina N. V., Gerasymenko V. P. Mathematical modeling of engineering production volume dependence on iron ore extraction

Engineering is a key and strategically important sector of the Ukrainian economy, despite significant challenges, especially those associated with the full-scale war. This sector possesses considerable production and scientific-technical potential. This article examines the development a mathematical model for forecasting and analyzing the volume realized output of the engineering complex enterprises, based on the volume of iron ore mining in Ukraine. When creating an economic model or forecast, it is not necessary to consider the entire multitude of factors influencing the studied indicator. The key task is the filtering and selection a limited number of factors that exert the highest degree of influence. These dominant factors form the basis for reliable analysis, while the impact of secondary factors can be legitimately omitted. In this work, the volume of iron ore mining was chosen as the dominant factor affecting the volume the realized engineering output. For modeling the dependence realized engineering output volume in Ukraine, statistical data from the State Statistics Service of Ukraine and regression analysis methods were utilized. The model was developed using the Excel spreadsheet processor to automate the construction, analysis, and forecasting process based on the chosen model. The study includes the calculation of confidence intervals for the forecasted values the realized output volume of the Ukrainian engineering complex for the year 2026. To ensure the reliability the obtained forecasted values, the regression line with the highest approximation coefficient was selected. The research fully complies with the requirements of mathematical modeling: from setting the problem and selecting the key indicator to constructing, analyzing the model, and applying the results for forecasting the realized output volume of the Ukrainian engineering complex for 2026.

Key words: engineering (machine-building), iron ore, regression analysis, forecast.

© Н. В. Майбородіна, В. П. Герасименко, 2025

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Постановка проблеми. Машинобудування є однією з найнеобхідніших галузей сучасної української економіки в умовах війни. Галузь охоплює такі критичні підгалузі: авіабудування, ракетно-космічна галузь, транспортне машинобудування (залізничне, суднобудування) та важке машинобудування (устаткування для металургії та енергетики). Така структура була традиційно зав'язана на сировинній базі та великих наукових центрах. Однак, з 2022 року галузь зіткнулася з гострою втратою потужностей на окупованих територіях, критичним скороченням експорту та проблемами з логістикою і кадровим дефіцитом. Попри значні втрати, машинобудівний комплекс розглядається як стратегічна точка зростання для відновлення економіки.

Актуальність дослідження зумовлена високою динамічністю ринкового середовища та необхідністю підвищення точності управлінського планування в умовах значної економічної невизначеності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню машинобудування приділяється велика увага вчених, оскільки забезпечення сталого розвитку є одним зі стратегічних завдань національної економіки країни.

М.О. Самофалова в роботі [1] дослідила еволюцію розвитку машинобудування в Україні за період XVII – XIX століття та початок XX століття. Основними чинниками, які сприяли розвитку машинобудування були іноземний капітал, західні технології та нове відношення до виробництва.

В дослідженні А.В. Державської та П.В. Круш [2] проаналізовано загально економічний стан підприємств машинобудування, загальний товарообіг з іноземними країнами, зазначено низький рівень їх конкурентоспроможності, незадовільний фінансовий стан та негативне фінансове сальдо зовнішньоторгового товарообігу промисловою продукцією.

В статті Л.В. Соколової та О.В. Стойки [3] обґрунтовано необхідність поновлення зв'язків машинобудівних підприємств з підприємствами інших галузей, відновлення їх матеріально-технічної бази.

В дослідженні Л.М. Сакун та ін. [4], надано рекомендації для розвитку підприємств, впровадження інноваційних рішень у виробництво та технологічний процес.

О. Ходирева [5] дослідила інноваційну активність машинобудівних підприємств та капітальні інвестиції в основне виробництво. В роботі зазначено, що критичними проблемами машинобудівних підприємств є значне недофінансування та бюрократизованість.

Дослідження А.С. Целікової та Є.М. Місько [6] присвячено сучасному стану та проблемам розвитку машинобудівних підприємств України. В роботі запропоновано шляхи впровадження державної підтримки на різних етапах, використання інноваційної моделі технологічних процесів, відновлення існуючої та будівництво нової інфраструктури, підвищення інвестиційної привабливості машинобудівних підприємств, посилення конкурентоспроможності підприємств та виробів.

Н.П. Карачина [7] дослідила трансформація моделей економічної поведінки машинобудівних підприємств за умов розвитку у воєнний час.

Беручи до уваги існуючі наукові дослідження у вивченні основних аспектів розвитку галузі машинобудування слід зазначити, що недостатньо досліджена залежність обсягу реалізованої продукції машинобудування в Україні від обсягу добування залізних руд.

Мета статті – побудова математичної моделі обсягу реалізованої продукції машинобудування від обсягу видобутку залізних руд в умовах невизначеності на основі наявних статистичних даних за попередні 2010 – 2024 роки із застосуванням методів математичної статистики. Пріоритетним завданням роботи є дослідження, аналіз побудованої моделі та прогнозування обсягу реалізованої продукції машинобудування на 2026 рік.

Виклад основного матеріалу. Дослідження обсягів машинобудування має важливе значення для сучасної економіки України, оскільки дохід промислового та сільськогосподарського виробництва, обороноспроможність України в умовах війни на пряму залежить від його можливостей.

Для успішного прогнозування обсягу реалізованої продукції машинобудування і вибору моделі, що використовуватиметься, необхідно обирати регресійну функцію серед можливих варіантів. Для вибору адекватної моделі будемо застосовувати спеціальні критерії якості моделі [8]. З метою перевірки достовірності запропонованої моделі, скористаємося елементами дисперсійного аналізу та перевіримо значущість отриманих результатів.

Оберемо для даної задачі рівень значущості $\alpha = 0,05$ (або 5%). Тоді можна стверджувати, що всі сформульовані висновки будуть виконуватись з рівнем довіри $p = 1 - \alpha = 0,95$, тобто з ймовірністю 95%.

Для створення математичної моделі залежності обсягу реалізованої продукції машинобудування від обсягу добування залізних руд скористаємося даними, які розміщені на сайті Державної служби статистики України в розділі Статистична інформація / Економічна статистика / Економічна діяльність / Промисловість / Обсяг реалізованої промислової продукції за видами діяльності (2010 – 2024) [9].

Статистичні дані обсягу реалізованої промислової продукції машинобудування та обсягу добування залізних руд за період 2010 – 2024 роки наведено в (табл. 1).

Таблиця 1

**Обсяги реалізованої промислової продукції машинобудування та добування залізних руд
за період 2010 – 2024 роки**

Роки	Обсяг реалізованої промислової продукції машинобудування, тис. грн	Обсяг видобування залізних руд, тис. грн
2010	50678234,2	109095225,8
2011	68760874,3	151196115,5
2012	58206687,3	164920075,0
2013	65089095,2	131379637,4
2014	72532798,4	113842226,4
2015	73580218,0	129652335,6
2016	82787136,5	151536511,3
2017	117368292,6	185347635,6
2018	128674907,1	220466275,4
2019	143118131,9	235742912,0
2020	154395680,0	217771772,7
2021	289199705,5	260029247,1
2022	104389130,3	208266353,0
2023	85101672,2	328156055,4
2024	130977099,9	571526642,5

Задача регресійного аналізу полягає в тому, щоб за наявними статистичними даними:

1. Отримати найкращі оцінки $\hat{a}_0, \hat{a}_1, \dots, \hat{a}_n$ невідомих параметрів $a_0, a_1, \dots, a_n$ шуканої моделі.

2. Перевірити статистичні гіпотези про параметри моделі.

3. Перевірити, чи добре отримана модель узгоджується зі статистичними даними (перевірити адекватність моделі) [8].

Якість отриманих оцінок параметрів $\hat{a}_0, \hat{a}_1, \dots, \hat{a}_n$ можна аналізувати шляхом дослідження відхилень між теоретичними значеннями моделі та фактичними статистичними даними. Такі відхилення дозволяють оцінити ступінь відповідності побудованої моделі реальним спостереженням. Одним із найпоширеніших підходів для оцінювання параметрів є метод найменших квадратів, який передбачає знаходження таких значень оцінок параметрів $\hat{a}_0, \hat{a}_1, \dots, \hat{a}_n$, при яких сума квадратів відхилень теоретичних значень від емпіричних є мінімальною:

$$S(\hat{a}_0, \hat{a}_1, \dots, \hat{a}_n) = \sum_{i=1}^n \left(y_i - f(x_i; \hat{a}_0, \hat{a}_1, \dots, \hat{a}_n) \right)^2 \quad (1)$$

де y_i – емпіричні дані, $f(x_i; \hat{a}_0, \hat{a}_1, \dots, \hat{a}_n)$ – емпірична модель, яка залежить від параметрів. Таким чином, метод найменших квадратів забезпечує знаходження найкращої апроксимації емпіричних даних за заданою моделлю.

З метою автоматизації побудови моделі застосуємо табличний процесор Microsoft Excel [10].

Обробку числових даних розпочнемо з використання Надстройки / Аналіз даних / Описова статистика. Результати наведено в (табл. 2).

Таблиця 2

Результати описової статистики в Excel

Характеристика	Обсяг реалізованої промислової продукції машинобудування, тис.грн	Обсяг добування залізних руд, тис.грн
Середнє значення	1,08E+08	2,12E+08
Стандартна похибка	15433835	30041714
Медіана	85101672	1,85E+08
Мода	-	-
Стандартне відхилення	59774984	1,16E+08
Дисперсія вибірки	3,57E+15	1,35E+16
Експес	5,732335	6,56467
Асиметрія	2,122784	2,329399
Інтервал	2,39E+08	4,62E+08
Мінімум	50678234	1,09E+08
Максимум	2,89E+08	5,72E+08
Сума	1,62E+09	3,18E+09
Кількість	15	15

На основі даних про обсяг реалізованої промислової продукції машинобудування та обсяг добування залізних руд з 2010 року по 2024 роки (таблиця 1):

1. Визначимо вид функції регресії.
2. Побудуємо функцію регресії.
3. Дослідимо достовірність побудованої функції регресії.
4. Виконаємо прогнозування за побудованою функцією регресії: спрогнозуємо обсяг реалізованої промислової продукції машинобудування на 2026 рік.

1. Для визначення виду функції залежності обсягу реалізованої промислової продукції машинобудування від обсягу добування залізних руд будемо кореляційне поле точок (рис. 1).

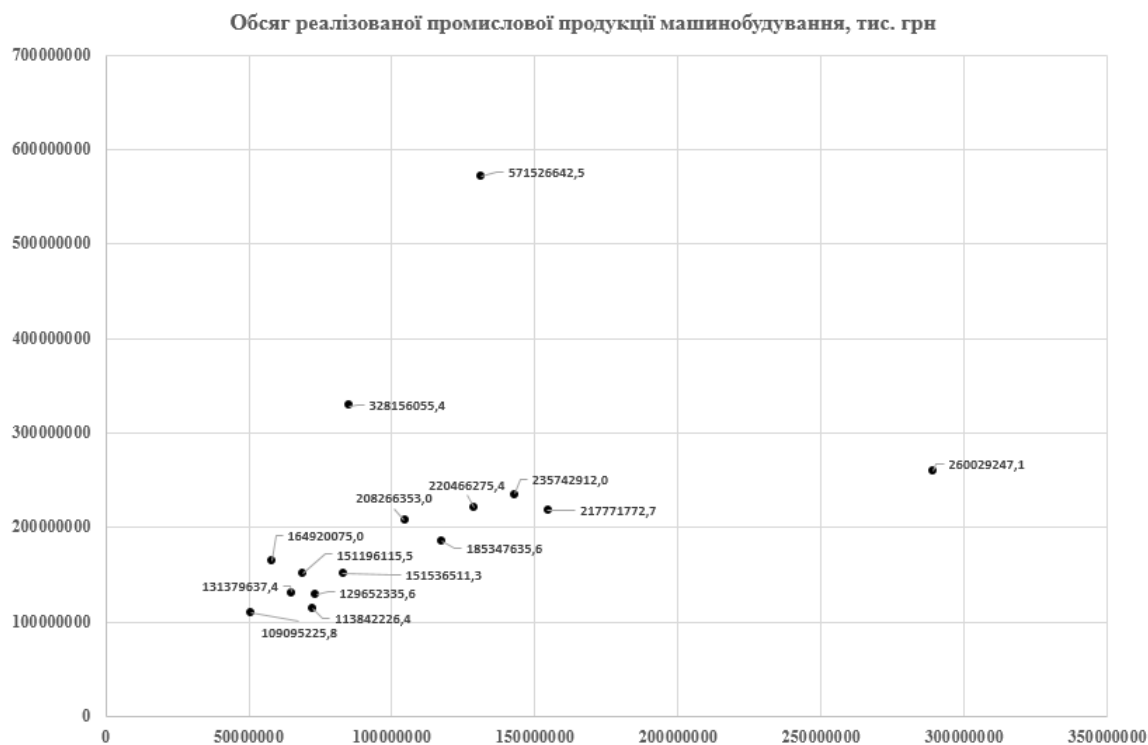


Рис. 1. Кореляційне поле точок

Як видно з приведенного графічного матеріалу на рис. 1 дані за 2023 та 2024 роки виходять за межі загальної тенденції залежності, тобто є аномальними. Таке відхилення можна пояснити військовими діями на території України в період 2023 – 2024 років, які значно вплинули на машинобудівний комплекс.

2. Засобами табличного процесору Microsoft Excel здійснюємо вибір функції регресії. На (рис. 2) зображено вибір лінії тренду.

Як видно з приведенного графічного матеріалу на рис. 2, наявність аномальних даних за 2023 та 2024 роки не дає можливості побудувати якісну модель залежності обсягу реалізованої промислової продукції машинобудування від обсягу добування залізних руд. Лінії тренду, які пропонує табличний процесор Excel мають дуже малий показник апроксимації $R^2 < 0,4$.

Саме тому авторами роботи було прийнято рішення відкинути аномальні дані за 2023 та 2024 роки і надалі досліджувати лише дані за період з 2010 року по 2022 рік. На рис. 3 зображено вибір лінії тренду для статистичних даних з 2010 року по 2022 рік.

Проведений аналіз запропонованих ліній тренду дає підстави стверджувати, що в якості математичної моделі можна обрати логарифмічну або поліноміальну функцію починаючи з другого порядку, оскільки їхні показники апроксимації $R^2 > 0,8$.

Після проведення детального аналізу даних, зображених на рис. 3 автори дослідження зробили припущення, про можливість аномального характеру даних з 2021 року. Відкидання аномальних даних за 2021 рік дало можливість побудувати лінійну модель залежності обсягу реалізованої промислової продукції машинобудування від обсягу добування залізних руд задовільної точності з показником апроксимації $R^2 > 0,8$ (рис. 4).

Згідно рис. 4 лінійна функція регресії має вигляд

$$y = 1,113x + 6 \cdot 10^7.$$

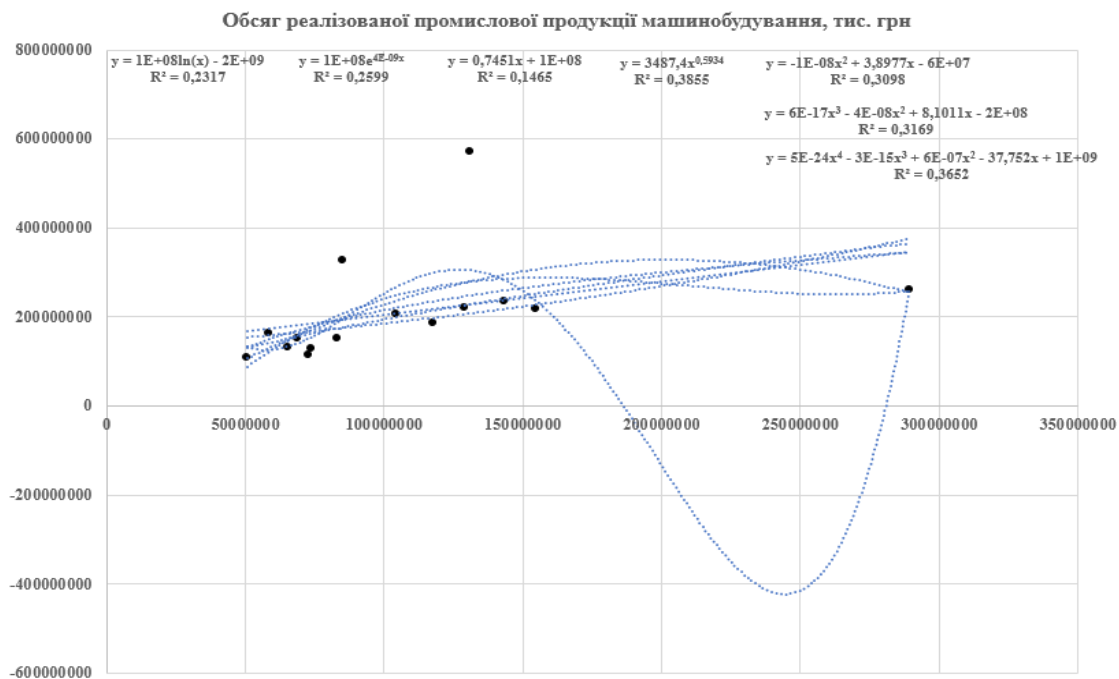


Рис. 2. Графіки залежностей обсягу реалізованої промислової продукції машинобудування від обсягу добування залізних руд в період 2010 – 2024 роки

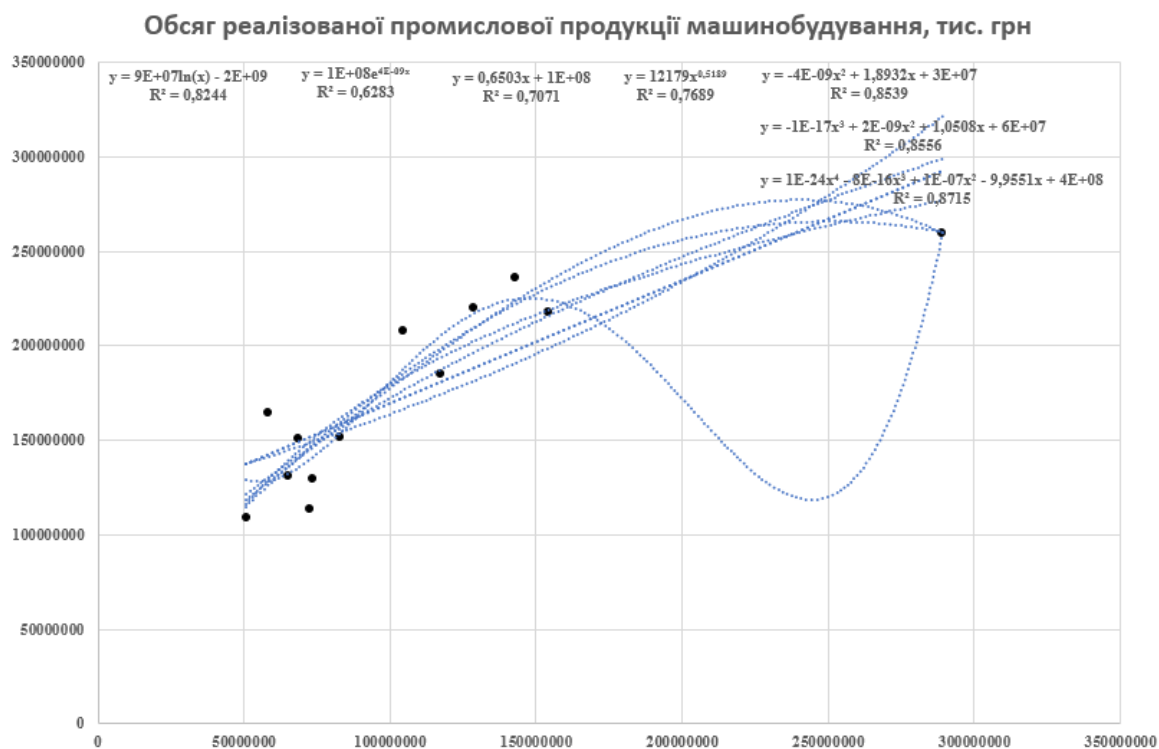


Рис. 3. Графіки залежностей обсягу реалізованої промислової продукції машинобудування від обсягу добування залізних руд в період 2010 – 2022 роки

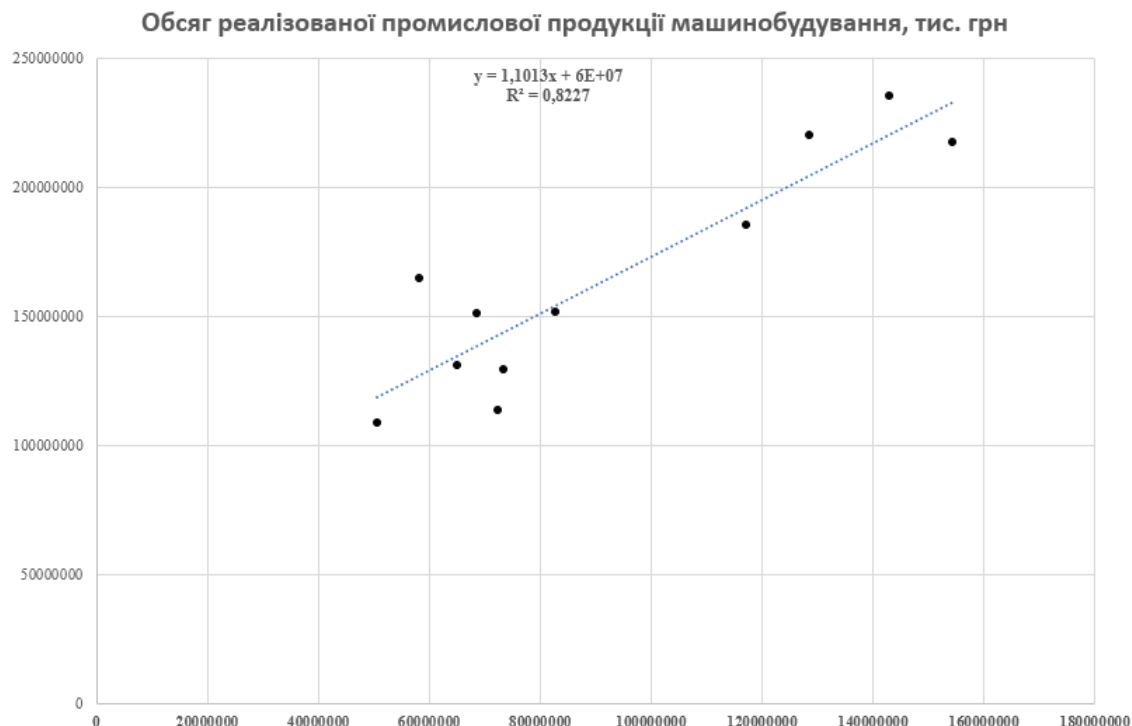


Рис. 4. Графік лінійної залежності обсягу реалізованої промислової продукції машинобудування від обсягу добування залізних руд в період 2010 – 2020 роки

Для вибору адекватної моделі скористаємося відомим методом оцінювання параметрів моделі – методом найменших квадратів (1). Результати порівняння сум квадратів відхилень теоретичних значень обсягу реалізованої промислової продукції машинобудування від емпіричних значень, обрахованих за побудованими моделями, показали, що найменші відхилення у поліноміальної функції третього степеня.

Емпірична функція регресії має вигляд:

$$y = -10^{17}x^3 + 2 \cdot 10^{-9}x^2 + 1,0508x + 6 \cdot 10^7. \quad (2)$$

Теоретична функція регресії має вигляд:

$$y = -10^{17}x^3 + 2 \cdot 10^{-9}x^2 + 1,0508x + 6 \cdot 10^7 + u. \quad (3)$$

де u – випадкова складова.

Причини наявності випадкової складової u в регресійній моделі (3) обумовлені введенням в модель не всіх пояснюючих змінних. Для дослідження було розглянуто залежність обсягу реалізованої промислової продукції машинобудування лише від обсягу добування залізних руд з метою спрощення реальної ситуації, та вважаючи обсяг добування залізних руд – одним із домінуючих факторів впливу. Реальна ситуація є складною комбінацією різних факторів, що призводить до відхилення реальних значень обсягу реалізованої промислової продукції машинобудування від його змодельованих значень. Також похибки збору статистичних даних впливають на розбіжності між модельними та емпіричними даними, що позначається на величині випадкової складової. Обмеженість зібраних статистичних даних з 2010 по 2022 роки також відображена у випадковій складовій u . Поява випадкової похибки у моделях часто обумовлена людським фактором, який є найменш прогнозованим елементом. Незважаючи на коректний вибір специфікації моделі та скрупульозний відбір змінних, непередбачуваність поведінки індивідів залишається причиною, що може суттєво знизити якість навіть найбільш досконалої моделі.

3. Для знайденої функції регресії (2) достовірність апроксимації [8] (коефіцієнт детермінації) $R^2 = 0,8556$ ($0,8 < R^2 < 1$), тому можна вважати, що побудована функція регресії на 85,56% відповідає вхідним статистичним даним обсягу реалізованої промислової продукції машинобудування.

Обчислимо індекс кореляції R за формулою

$$R = \sqrt{R^2}. \quad (4)$$

$$R = \sqrt{0,8556} = 0,9.$$

Оскільки величини R^2 і R наближаються до одиниці, то для побудованої функції регресії (3) це свідчить про її достовірність.

Обчислимо емпіричні значення $\hat{y}_i$, використавши функцію регресії (2).

Обчислимо залишки функції регресії u_i за формулою

$$u_i = y_i - \hat{y}_i. \quad (5)$$

Відносні похибки залишків функції регресії δ_i обчислимо за формулою

$$\delta_i = \frac{u_i}{y_i} \cdot 100\%. \quad (6)$$

Обчислимо середнє значення відносної похибки залишків $\bar{\delta}$ за формулою

$$\bar{\delta} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \delta_i. \quad (7)$$

$$\bar{\delta} = \frac{1}{13} \cdot \sum_{i=1}^n \delta_i = \frac{1}{13} \cdot (-0,1\%) = -0,01\%.$$

Оскільки $\bar{\delta} = -0,01\%$ значно менше 10%, то функцію регресії можна вважати достатньо точною.

4. Обчислимо точковий прогноз y_{np} обсягу реалізованої промислової продукції машинобудування на 2026 рік за побудованою моделлю.

Знайдемо прогнозоване x_{np} для обсягу добування залізних руд з використанням функції FORECAST.ET:

$$x_{np} = 141431921,2 \text{ (тис. грн)}.$$

Для заданого значення $x_{np} = 141431921,2$ (тис. грн) на 2026 рік знайдемо точковий прогноз побудованої емпіричної функції регресії (2):

$$\hat{y}_{np} = -10^{17} x_{np}^3 + 2 \cdot 10^{-9} x_{np}^2 + 1,0508 x_{np} + 6 \cdot 10^7.$$

Отже, значення $\hat{y}_{np}$ обсягу реалізованої промислової продукції машинобудування на 2026 рік за умови обсягу добування залізних руд $x_{np} = 141431921,2$ (тис. грн) згідно одержаної функції регресії (2):

$$\hat{y}_{np} = 220332028,8 \text{ (тис. грн)}.$$

Таким чином, з ймовірністю 95% можна стверджувати, обсяг реалізованої промислової продукції машинобудування на 2026 рік за умови обсягу добування залізних руд $x_{np} = 141431921,2$ (тис. грн) становитиме $\hat{y}_{np} = 220332028,8$ (тис. грн).

Висновки. У даному дослідженні, спираючись на статистичні дані в період з 2010 року по 2024 роки, за допомогою табличного процесора Microsoft Excel побудовано функцію залежності обсягу реалізованої промислової продукції машинобудування від обсягу добування залізних руд. Здійснено регресійний аналіз, в результаті якого підтверджено достовірність отриманої моделі. Статистичні висновки, зроблені у рамках дослідження, мають рівень довіри 95%, що свідчить про надійність одержаних результатів.

Побудована функція регресії є статистично значущою та може бути використана для прогнозування майбутнього обсягу реалізованої промислової продукції машинобудування від обсягу добування залізних руд на 2026 рік. Згідно з розрахунками, при прогнозованому обсязі добування залізних руд 141431921,2 тис. грн у 2026 році, очікуваний обсяг реалізованої промислової продукції машинобудування становитиме приблизно 220332028,8 тис. грн.

Результати дослідження мають важливе практичне значення. Цінність роботи полягає у можливості інтеграції розробленої математичної моделі в систему підтримки прийняття рішень на рівні машинобудівного підприємства для оптимізації виробничого планування, формування реалістичних фінансових прогнозів та для прийняття економічно обґрунтованих управлінських рішень.

У подальших дослідженнях доцільно розширити модель, врахувавши додаткові фактори, які можуть впливати на обсяг реалізованої промислової продукції машинобудування, зокрема: попит споживачів, обсяг інвестицій, платоспроможність та державні замовлення. Також перспективним є використання більш складних моделей та машинного навчання для підвищення точності прогнозування.

Список використаних джерел:

1. Самофалова М. Еволюція розвитку машинобудування в Україні. *Grail of Science*, 2024. № 46, С. 368–376. DOI: <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.29.11.2024.042>
2. Державська А. В., Круш П. В. Сучасний стан галузі машинобудування та тенденції її розвитку. *Науковий вісник Ужгородського національного університету*, 2018. Випуск 21. Частина 1. С. 69–73.

-
3. Соколова Л. В., Стойка О. В. Сучасний стан машинобудування України та тенденції його розвитку за умов незбалансованої економіки. *Ефективна економіка*. 2019. № 11. DOI: <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2019.11.5>.
 4. Сакун Л. М., Веденіна Ю. Ю., Сухомлин Л. В., Цимбал О. С. Формування стратегії антикризового управління на підприємствах машинобудування в умовах змін. *Вісник Хмельницького національного університету*, 2021. № 5. Том 2. С. 35–40. DOI: [https://doi.org/10.31891/2307-5740-2021-298-5\(2\)-5](https://doi.org/10.31891/2307-5740-2021-298-5(2)-5).
 5. Ходирєва О. Сучасний стан та проблеми розвитку машинобудівних підприємств України. *Економічний аналіз*, 2021. Том 31. № 1. С. 227–238. DOI: <https://doi.org/10.35774/econa2021.01.227>.
 6. Tselikova A., Misko Y. The current state and problems of the development of machine-building enterprises in Ukraine. *Ukrainian Journal of Applied Economics and Technology*, 2024. Volume 9. № 2, pp. 228–235. DOI: <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2024-2-39>
 7. Карачина Н. П. Трансформація моделей економічної поведінки машинобудівних підприємств за умов розвитку у воєнний час. *Реальний сектор економіки України в умовах невизначеності: Матеріали Всеукраїнського симпозіуму (04 квітня 2024 року), Київ, Університет «Україна»*, 2024. С. 55–58.
 8. Майбородіна Н. В. Економетрика. Ніжин: ПП Лисенко М.М., 2021. 280 с.
 9. Державна служба статистики України. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 25.10.2025).
 10. Лебідь В. В., Мейш Ю. А., Майбородіна Н. В., Герасименко В. П. Застосування математичного моделювання до побудови лінійної багатфакторної моделі перевезень вантажів у міжнародному сполученні. *Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки»*. 2022. № 51. С. 260–266. DOI: <https://doi.org/10.33744/2308-6645-2022-1-51-260-266>.

References:

1. Samofalova, M. (2024). Evoliutsiia rozvytku mashynobuduvannia v Ukraini [The Evolution of Mechanical Engineering Development in Ukraine]. *Grail of Science* (46), 368–376. DOI: <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.29.11.2024.042>
2. Derzhavska, A. V., Krush, P. V. (2018). Suchasnyi stan haluzi mashynobuduvannia ta tendentsii yii rozvytku [The current state of the machine-building industry and trends in its development]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho natsionalnoho universytetu – Scientific Bulletin of Uzhhorod National University*, (21). 69–73.
3. Sokolova, L. V., Stoika, O. V. (2019). Suchasnyi stan mashynobuduvannia Ukrainy ta tendentsii yoho rozvytku za umov nezbalansovanoi ekonomiky [The current state of machine-building in Ukraine and trends in its development under an unbalanced economy]. *Efektivna ekonomika – Efficient Economy*, (11). DOI: <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2019.11.5>.
4. Sakun, L. M., Viedienina, Yu. Iu., Cukhomlyn, L. V., Tsymbal, O. S. (2021). Formuvannia stratehii antykrizovoho upravlinnia na pidpriemstvakh mashynobuduvannia v umovakh zmin [Formation of an anti-crisis management strategy at machine-building enterprises under changing conditions]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu – Bulletin of Khmelnytskyi National University*, (5). 35–40. DOI: [https://doi.org/10.31891/2307-5740-2021-298-5\(2\)-5](https://doi.org/10.31891/2307-5740-2021-298-5(2)-5).
5. Khodyrieva, O. (2021). Suchasnyi stan ta problemy rozvytku mashynobudivnykh pidpriemstv Ukrainy [The current state and problems of the development of machine-building enterprises in Ukraine]. *Ekonomichniy analiz – Economic Analysis*, (31). 227–238. DOI: <https://doi.org/10.35774/econa2021.01.227>.
6. Tselikova, A., Misko, Y. (2024). The current state and problems of the development of machine-building enterprises in Ukraine. *Ukrainian Journal of Applied Economics and Technology*, (9). 228–235. DOI: <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2024-2-39>
7. Karachyna, N. P. (2024). Transformatsiia modelei ekonomichnoi povedinky mashynobudivnykh pidpriemstv za umov rozvytku u voiennyi chas [Transformation of economic behavior models of machine-building enterprises under wartime development conditions]. *Realnyi sektor ekonomiky Ukrainy v umovakh nevyznachenosti: Materialy Vseukrainskoho sympoziumu (04 kvitnia 2024 roku) Kyiv, Universytet «Ukraina» – The Real Sector of Ukraine's Economy under Uncertainty: Proceedings of the All-Ukrainian Symposium (Kyiv, University "Ukraine," April 4, 2024)*, 55–58.
8. Maiborodina, N. V. (2021). Ekonometryka [Econometrics]: Nizhyn: PP Lysenko M.M.
9. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy [State Statistics Service of Ukraine]. Retrieved from: <https://www.ukrstat.gov.ua>.
10. Lebid, V. V., Meish, Yu. A., Maiborodina, N. V., Herasymenko, V. P. (2022). Zastosuvannia matematychnoho modeliuvannia do pobudovy liniinoi bahatofaktornoї modeli perevezen vantazhiv u mizhnarodnomu spoluchenni [Application of mathematical modeling to the construction of a linear multifactor model of cargo transportation in international communication]. *Visnyk Natsionalnoho transportnoho universytetu. Seriya «Tekhnichni nauky» – Bulletin of the National Transport University. Series "Technical Sciences"*, (51). 260–266. DOI: <https://doi.org/10.33744/2308-6645-2022-1-51-260-266>.

Дата надходження статті: 27.10.2025

Дата прийняття статті: 17.11.2025

Опубліковано: 30.12.2025