

**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

## МОДЕЛЮВАННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ВІД ОБСЯГІВ ВИРОБНИЦТВА

У статті досліджено залежність між обсягами виробництва продукції (виконання робіт) та використанням електричної енергії підприємствами Чернігівської області. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю підвищення ефективності енергоспоживання в умовах економічної нестабільності регіону. Аналіз описових характеристик показав близькість середнього значення та медіани для обсягів виробництва та використання електричної енергії підприємствами, що вказує на відносну симетричність розподілів та відсутність викидів у вибірках. Від'ємні значення асиметрії вказували на лівосторонню асиметрію, а від'ємні ексцеси характеризували розподіли як більш плоскі порівняно з нормальним. Стандартне відхилення та інтервал варіації суттєво більші для показника використання електричної енергії, що вказує на більшу мінливість енергоспоживання порівняно з обсягами виробництва та підтверджує більшу чутливість енергоспоживання до зовнішніх економічних умов. Отримані статистичні характеристики підтвердили доцільність застосування кореляційно-регресійного аналізу для дослідження залежності між зазначеними показниками.

Для кількісного оцінювання взаємозв'язку між показниками побудовано лінійну регресійну модель. Розраховано коефіцієнти кореляції та детермінації, стандартну похибку регресії та середню помилку апроксимації. Результати аналізу показали наявність тісного прямого статистично значущого зв'язку між обсягами виробництва та використанням електричної енергії. Значення коефіцієнта детермінації підтвердило високий рівень пояснювальної здатності моделі та домінуючий вплив обсягу виробництва на формування попиту на електроенергію. Перевірка за критеріями Стьюдента та Фішера підтвердила статистичну значущість параметрів моделі і моделі в цілому. Отримана модель характеризується високою точністю апроксимації та може бути використана для прогнозування обсягів використання електричної енергії залежно від динаміки виробництва продукції.

Ключові слова: виробництво продукції, використання електричної енергії, регресійний аналіз, дисперсійний аналіз, модель, прогнозування.

### *Maiborodina N. V., Gerasymenko V. P. Modeling the dependence of energy consumption on production volumes*

*The article examines the dependence between production output (performance of works) and electricity consumption by enterprises of the Chernihiv region. The relevance of the study is determined by the necessity of increasing the efficiency of energy consumption under conditions of economic instability in the region.*

*The analysis of descriptive characteristics showed the proximity of the mean value and the median for production volumes and electricity consumption by enterprises, which indicates the relative symmetry of the distributions and the absence of outliers in the samples. Negative skewness values indicated left-sided asymmetry, while negative kurtosis values characterized the distributions as flatter compared to the normal distribution. The standard deviation and the range of variation are significantly higher for the indicator of electricity consumption, which indicates greater variability of energy consumption compared to production volumes and confirms the higher sensitivity of energy consumption to external economic conditions. The obtained statistical characteristics confirmed the expediency of applying correlation and regression analysis to investigate the dependence between the specified indicators.*

*For the quantitative assessment of the interrelationship between the indicators, a linear regression model was constructed. The correlation and determination coefficients, the standard error of regression, and the mean approximation error were calculated. The results of the analysis showed the presence of a close direct statistically significant relationship between production volumes and electricity consumption. The value of the coefficient of determination confirmed a high level of explanatory power of the model and the dominant influence of production volume on the formation of electricity demand. Verification according to Student's and Fisher's criteria confirmed the statistical significance of the model parameters and the model as a whole.*



---

*The obtained model is characterized by high approximation accuracy and may be used to forecast electricity consumption volumes depending on the dynamics of production output.*

*Key words: production output, electricity consumption, regression analysis, analysis of variance, econometric model, forecasting.*

**Постановка проблеми.** В умовах сучасної економіки ефективність функціонування підприємств значною мірою визначається раціональністю використання енергетичних ресурсів. Обсяги виробництва продукції (виконання робіт) безпосередньо пов'язані з рівнем споживання електричної енергії, яка є одним із ключових факторів виробничого процесу. Водночас зростання тарифів на електроенергію, необхідність підвищення енергоефективності та оптимізації витрат зумовлюють потребу у кількісному аналізі цієї залежності. У період воєнного стану та економічної нестабільності завдання планування енергоспоживання набуває стратегічного значення, оскільки безпосередньо впливає на стабільність роботи промислового сектору Чернігівської області.

Побудова економіко-математичної моделі залежності між обсягами виробництва продукції (виконання робіт) та використанням електричної енергії на виробничо-експлуатаційні й господарські потреби підприємств дозволить виявити закономірності зміни енергоспоживання залежно від масштабів виробничої діяльності в Чернігівській області. Модель дозволить оцінити рівень енергоємності продукції та сформулювати основу для прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

Отже, виникає необхідність у проведенні комплексного статистичного аналізу та побудові адекватної економіко-математичної моделі, яка дозволить кількісно оцінити тісноту та напрям взаємозв'язку між обсягами виробництва і споживанням електричної енергії в Чернігівській області, а також забезпечить науково обґрунтовану основу для прогнозування та підвищення енергоефективності підприємств регіону.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Сучасні дослідження у сфері прогнозування електроспоживання свідчать про постійний інтерес науковців до розробки та вдосконалення економіко-математичних і статистичних моделей, спрямованих на виявлення закономірностей зміни обсягів споживання електричної енергії під впливом виробничих, економічних і технологічних чинників.

У роботі [1] розглянуто використання лінійної регресії для прогнозування обсягів енергоспоживання на основі емпіричних даних. На прикладі кількох прикладних ситуацій продемонстровано, що цей метод забезпечив достатній рівень точності прогнозів. Отримані результати засвідчили доцільність застосування лінійної регресії як дієвого інструменту для вирішення завдань енергетичного планування та управління ресурсами.

Автори праці [2] представили методику прогнозування попиту на енергію для віддалених територій, що базувалася на поєднанні лінійної регресії з оберненими матричними розрахунками та врахуванні демографічних, економічних, кліматичних і сезонних чинників. Результати дослідження підтвердили здатність запропонованої моделі адекватно відтворювати складні процеси зміни енергоспоживання та сприяти обґрунтованому плануванню використання ресурсів в умовах їх обмеженості.

Окремий напрям досліджень пов'язаний із розвитком інтелектуальних енергомереж. У праці [3] розглянуто можливості застосування методів глибокого навчання для моніторингу та виявлення несправностей, тоді як узагальнений аналіз авторегресивних, нечітких та еволюційних моделей у роботі [4] засвідчив про відсутність універсального підходу до прогнозування, що зумовлює потребу в подальшому розвитку адаптивних моделей.

За результатами системного аналізу значної кількості моделей, наведеного у роботі [9], встановлено, що статистичні методи є найбільш ефективними для коротко- та середньострокового прогнозування, тоді як моделі на основі нейронних мереж [6, 7] доцільно застосовувати для аналізу пікових навантажень і управління ризиками в енергосистемах.

У праці [8] показано, що поєднання регресійного аналізу з алгоритмами машинного навчання, дало змогу підвищити точність прогнозів за рахунок урахування макроекономічних показників, сезонних коливань і температурних факторів.

Отже, аналіз наукових джерел показав, що проблема кількісного визначення залежності між обсягами виробництва продукції та використанням електричної енергії на потреби підприємств Чернігівської області в умовах воєнного стану та трансформацій економіки залишається недостатньо опрацьованою. Брак економіко-математичних моделей, адаптованих до особливостей функціонування підприємств прикордонного регіону, зумовлює актуальність дослідження та визначає його наукову новизну.

**Мета статті.** Метою роботи є побудова та статистичне обґрунтування моделі залежності між обсягами виробництва продукції (виконання робіт) і використанням електричної енергії на виробничо-експлуатаційні та господарські потреби підприємств в Чернігівській області.

**Виклад основного матеріалу.** Для досягнення поставленої мети дослідження необхідно вирішити такі завдання:

1. Проаналізувати теоретичні основи моделювання економічних процесів та енергоспоживання підприємств.
2. Сформулювати базу даних та здійснити попередній статистичний аналіз даних.

3. Побудувати рівняння регресійної моделі залежності.
4. Оцінити статистичну значущість параметрів моделі.
5. Здійснити економічну інтерпретацію отриманих результатів.
6. Сформулювати висновки щодо практичного використання моделі для прогнозування.

1. Економіко-математичне моделювання є важливим інструментом для дослідження та прогнозування економічних процесів на підприємствах, дозволяючи кількісно оцінювати взаємозв'язки між різними показниками та приймати обґрунтовані управлінські рішення. Серед методів моделювання виділяють лінійні та нелінійні регресії, кореляційні моделі та моделі часових рядів [10], які застосовуються для аналізу динаміки виробництва і споживання ресурсів. Особливе значення у дослідженні енергоспоживання має врахування факторів, що впливають на обсяги використаної електроенергії, таких як обсяги виробництва продукції, технологічні процеси, сезонні коливання та енергоефективність обладнання.

2. Для побудови математичної моделі залежності між обсягами виробництва продукції (виконання робіт) і використанням електричної енергії на виробничо-експлуатаційні та господарські потреби підприємств в Чернігівській області використано статистичні дані Державної служби статистики України в розділі Навколишнє середовище та енергетика / Енергетика / Постачання та використання енергії / Обсяг використаної електроенергії / Чернігівська область (2016–2024) [10].

Статистичні дані, які використано для побудови математичної моделі систематизовано та наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

**Обсяги виробництва продукції та використання електричної енергії**

| Рік  | Виробництво продукції (виконання робіт), кВт-год | Використання електричної енергії на виробничо-експлуатаційні та господарські потреби підприємств без урахування обсягів, відпущених населенню, кВт-год |
|------|--|--|
| 2016 | 501 811  | 889 001  |
| 2017 | 518 053  | 892 199  |
| 2018 | 525 207,8  | 895 825,4  |
| 2019 | 496 296,6  | 853 119,3  |
| 2020 | 456 430,5  | 786 968,9  |
| 2021 | 443 729  | 738 999,5  |
| 2022 | 333 307,6  | 529 727,6  |
| 2023 | 395 299,1  | 583 875,5  |
| 2024 | 374 109,8  | 608 229,2  |

Статистичний аналіз даних. На основі даних, наведених в таблиці 1, можна зробити висновок, що дані демонструють чітко виражений спадний тренд, починаючи з 2019–2020 років. Це пояснюється впливом пандемії COVID-19, яка призвела до тимчасового зупинення або зменшення обсягів виробництва, обмеження діяльності окремих підприємств та змін у виробничих процесах, що відобразилося на зниженні споживання електроенергії.

Найвищі показники спостерігалися у 2018 році. Найнижча точка зафіксована у 2022 році. Виробництво скоротилося приблизно на 25 %. Це пов'язано з початком повномасштабної війни, що критично вплинуло на економічні показники Чернігівської області.

Протягом усього періоду використання значно перевищує виробництво (майже в 1,5–1,8 рази). Це свідчить про те, що внутрішнього виробництва недостатньо для покриття потреб.

Отже, попри часткове відновлення у 2023 році, галузь все ще не повернулася до показників «докризисного» періоду. Зростання використання у 2024 році при падінні виробництва вказує на посилення залежності від зовнішніх поставачань.

З метою автоматизації аналізу даних оберемо табличний процесор Microsoft Excel.

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

Аналіз описових статистичних характеристик таблиці 2 свідчить про близькість середнього значення та медіани для обох показників. Це вказує на відносну симетричність розподілу та відсутність істотних викидів у вибірках. Від'ємні значення асиметрії свідчать про незначну лівосторонню асиметрію, а від'ємні ексцеси характеризують розподіли як більш плоский порівняно з нормальним, що підтверджує рівномірність розподілу даних.

Водночас стандартне відхилення та інтервал варіації є суттєво більшими для показника використання електричної енергії, що свідчить про більшу мінливість енергоспоживання порівняно з обсягами виробництва і підтверджує більшу чутливість енергоспоживання до зовнішніх економічних умов.

Результати описової статистики в Excel

| Характеристика        | Виробництво продукції (виконання робіт) кВт-год | Використання електричної енергії на виробничо-експлуатаційні та господарські потреби підприємств без урахування обсягів, відпущених населенню, кВт-год |
|-----------------------|---|--|
| Середнє значення      | 449 360,5                                       | 753 105,1  |
| Стандартна похибка    | 22 840,3  | 48 456,4   |
| Медіана               | 456 430,5                                       | 786 968,9  |
| Мода                  | –   | –  |
| Стандартне відхилення | 68 520,8  | 145 369,2  |
| Дисперсія вибірки     | 4 695 100 252                                   | 21 132 206 152   |
| Ексцес                | –1,1  | –1,6   |
| Асиметрія             | –0,6  | –0,6   |
| Інтервал              | 191 900,2                                       | 366 097,8  |
| Мінімум               | 333 307,6                                       | 529 727,6  |
| Максимум              | 525 207,8                                       | 895 825,4  |
| Сума                  | 4 044 244,4                                     | 6 777 945,4  |
| Кількість             | 9   | 9  |

Загалом отримані статистичні характеристики підтверджують однорідність вибірки та доцільність застосування кореляційно-регресійного аналізу для подальшого дослідження залежності між зазначеними показниками.

3. Для побудови рівняння регресійної моделі:

а. Визначимо вид функції регресії.

б. Побудуємо функцію регресії.

а. Для визначення виду функції залежності між обсягами виробництва продукції (виконання робіт) і використанням електричної енергії на виробничо-експлуатаційні та господарські потреби підприємств в Чернігівській області будуємо кореляційне поле точок (рис. 1).

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

Отже, функціональна залежність має вигляд

$$y = 2,1x - 185\,974. \quad (1)$$

### Використання електричної енергії на виробничо-експлуатаційні та господарські потреби підприємств без урахування обсягів, відпущених населенню, кВт-год

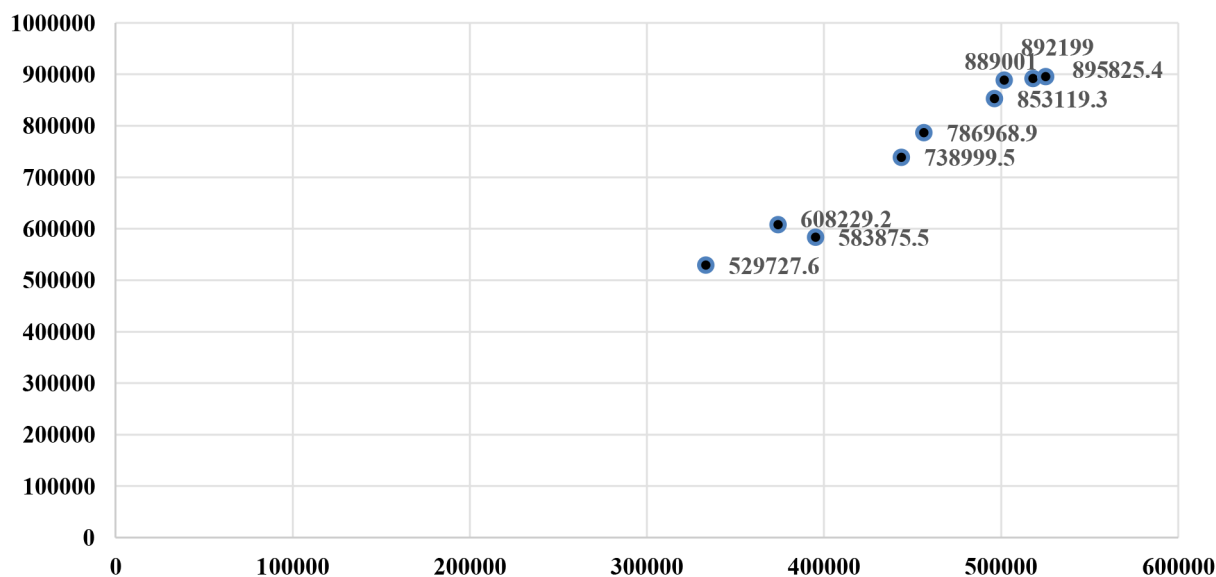


Рис. 1. Кореляційне поле точок

**Використання електричної енергії на виробничо-експлуатаційні та господарські потреби підприємств без урахування обсягів, відпущених населенню, кВт-год**

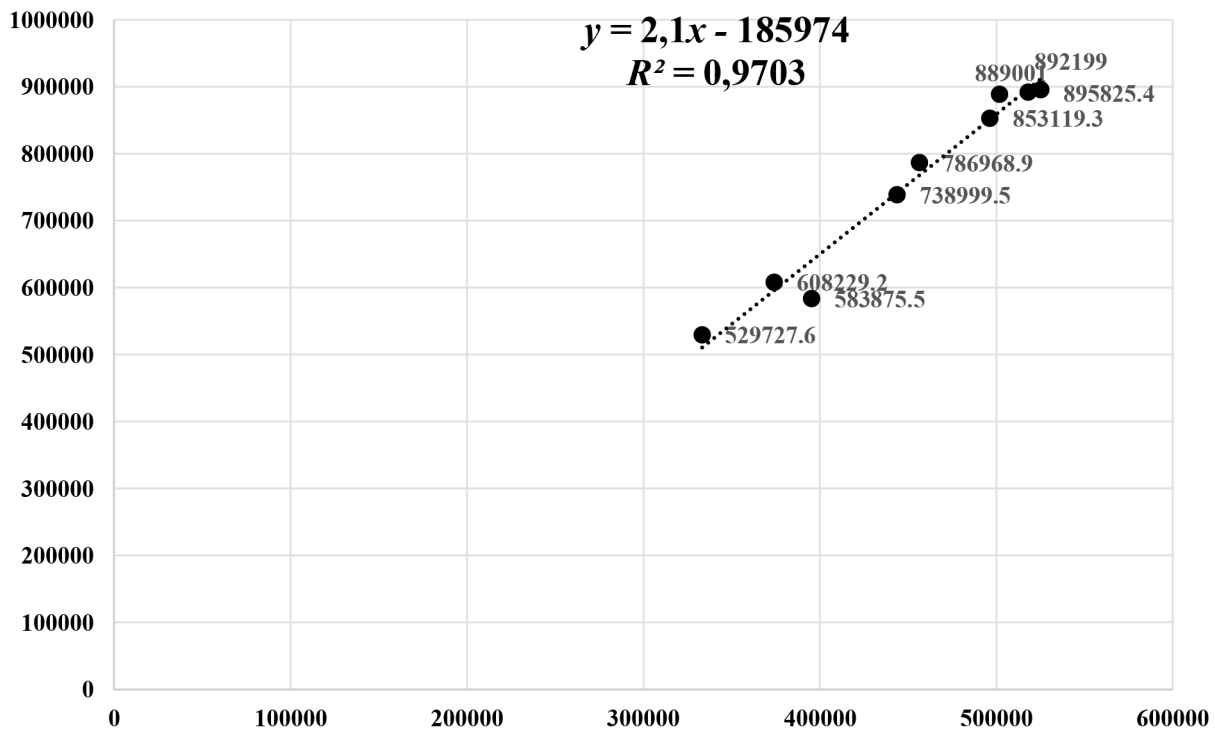


Рис. 2. Графік залежності використання електричної енергії на виробничо-експлуатаційні та господарські потреби підприємств від обсягу виробництва продукції (виконання робіт)

Модель залежності використання електричної енергії підприємствами від обсягу виробництва продукції (виконання робіт) має вигляд

$$y = 2,1x - 185\,974 + u, \quad (2)$$

де  $u$  – випадкова складова моделі.

Величина апроксимації  $R^2 = 0,9703$ . Оскільки  $R^2 > 0,8$ , то функціональна залежність достатньо точно описує зв'язок між використанням електричної енергії на виробничо-експлуатаційні і господарські потреби підприємств та обсягом виробництва продукції (виконання робіт) [10].

4. Для оцінки статистичної значущості параметрів моделі скористаємося табличним процесором Microsoft Excel: Дані / Аналіз даних / Регресія. Результати наведено в таблицях 3–5.

Результати регресійного аналізу.

Таблиця 3

**Регресійна статистика**

| Регресійна статистика               |          |
|-------------------------------------|----------|
| Множинний R (коефіцієнт кореляції)  | 0,99     |
| R-квадрат (коефіцієнт детермінації) | 0,97     |
| Нормований R квадрат                | 0,97     |
| Стандартна похибка                  | 26773,85 |
| Кількість спостережень              | 9        |

Коефіцієнт кореляції  $R$  вказує на загальну якість моделі. Оскільки  $R = 0,99$ , то між обсягом виробництва продукції і використанням електричної енергії підприємствами Чернігівської області існує дуже сильний прямий зв'язок.

Отримане значення коефіцієнта детермінації  $R^2 = 0,9703$  свідчить про те, що 97,03 % варіації обсягу використання електричної енергії підприємствами пояснюється варіацією обсягу виробництва продукції. Решта 2,97 % варіації зумовлена впливом інших факторів, які не враховані в моделі або випадковими відхиленнями.

Дуже мала різниця між нормованим  $R^2 = 0,9661$  і коефіцієнтом детермінації  $R^2 = 0,9703$ , при наявності лише 9 спостережень, свідчить про те, що модель не є перенавченою і відсутній ефект надмірної «підгонки» моделі під дослідні дані.

Стандартна похибка регресії дорівнює  $\sigma_u = 26\,773,85$  кВт-год, тобто модель в середньому «помиляється» на 26 тис. кВт-год.

Середня помилка апроксимації вказує на те, на скільки відсотків у середньому відхиляються розраховані значення обсягів використання електричної енергії від їх фактичних значень:

$$\bar{\delta} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{u_i}{y_i} \cdot 100\% \approx \frac{\sigma_u}{\bar{y}} \cdot 100\% \approx \frac{26\,773,85}{753\,105,1} \cdot 100\% \approx 3,6\%$$

Стандартна похибка регресії у відсотках до розмаху варіації обсягу використання електричної енергії:

$$\sigma_{u\%} = \frac{\sigma_u}{R} \cdot 100\% \approx \frac{26\,773,85}{366\,097,8} \cdot 100\% \approx 7,3\%$$

Отже, стандартна похибка регресії становить 26 773,85 кВт-год, що дорівнює приблизно 3,6 % від середнього обсягу використання електричної енергії та близько 7 % від діапазону коливань електроенергії. Це свідчить про високу точність апроксимації та адекватність побудованої моделі.

#### 4.2. Результати дисперсійного аналізу регресійної моделі.

Таблиця 4

#### Дисперсійний аналіз

| Дисперсійний аналіз | Число ступенів свободи | Сума квадратів | Середній квадрат | Значущість F |                     |
|---------------------|------------------------|----------------|------------------|--------------|---------------------|
|                     | <i>df</i>              | <i>SS</i>      | <i>MS</i>        | <i>F</i>     | Значущість <i>F</i> |
| Регресія            | 1                      | 1,64E + 11     | 1,64E + 11       | 228,84       | 0,000001            |
| Залишки             | 7                      | 5 017 874 890  | 716 839 270      |              |                     |
| Разом               | 8                      | 1,69E + 11     |                  |              |                     |

Отримане значення критерію Фішера становить  $F = 228,84$ , а рівень статистичної значущості  $p = 0,000001$ . Оскільки  $p < 0,05$ , то нульову гіпотезу про відсутність лінійного зв'язку між обсягом виробництва продукції та обсягом використання електричної енергії відхиляємо.

Таким чином, регресійна модель є статистично значущою в цілому. Отримане значення  $F$ -критерію свідчить про те, що варіація обсягу використання електричної енергії істотно пояснюється обсягом виробництва продукції, а ймовірність випадкового виникнення встановленої залежності є малою.

Отже, побудована модель адекватно відображає наявний причинно-наслідковий зв'язок між обсягом використання електричної енергії і обсягом виробництва продукції та може бути використана для подальшого економічного аналізу та прогнозування.

#### 4.3. Аналіз коефіцієнтів регресії.

Таблиця 5

#### Аналіз коефіцієнтів регресії

|                              | Коефіцієнти | Стандартна помилка | Критерій Стьюдента   | Рівень значущості  | Довірчі інтервали |                  |                   |                    |
|------------------------------|-------------|--------------------|----------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------------------|--------------------|
|                              |             |                    | <i>t</i> -статистика | <i>P</i> -значення | Нижня межа 95 %   | Верхня межа 95 % | Нижня межа 95,0 % | Верхня межа 95,0 % |
| У-перетин (вільний член)     | -185 974    | 62 716,3           | -3                   | 0,1                | -334 274,3        | -37 673,2        | -334 274,3        | -37 673,2          |
| Змінна X1 (незалежна змінна) | 2,1         | 0,1                | 15,1                 | 1,3E-06            | 1,8               | 2,42             | 1,8               | 2,4                |

За результатами оцінювання параметрів лінійної регресійної моделі отримано рівняння (1):  $y = 2,1x - 185\,974$ .

Оцінка коефіцієнта регресії при змінній  $x$  становить  $\hat{a}_1 = 2,1$ . Значення  $t$ -статистики дорівнює 15,13, а відповідний рівень значущості  $p = 0,000001$ , що істотно менше за критичний рівень  $\alpha = 0,05$ . Отже, нульова гіпотеза про статистичну незначущість коефіцієнта відхиляється. Коефіцієнт є статистично значущим, що

---

підтверджує наявність лінійного зв'язку між обсягом виробництва продукції та обсягом використання електричної енергії. Економічна інтерпретація параметра  $\hat{a}_1 = 2,1$  полягає в тому, що при збільшенні обсягу виробництва продукції на одну одиницю обсяг використання електричної енергії зростає в середньому на 2,1 одиниці за інших рівних умов. 95%-й довірчий інтервал для параметра  $a_1$  становить [1,76; 2,42]. Оскільки нульове значення не входить до меж довірчого інтервалу, це додатково підтверджує статистичну значущість оціненого коефіцієнта та надійність виявленої залежності.

Оцінка вільного члена моделі дорівнює  $\hat{a}_0 = -185\,974$ . Значення  $t$ -статистики становить  $-2,97$ , а рівень значущості  $p = 0,02$ , що менше за  $\alpha = 0,05$ . Таким чином, параметр є статистично значущим на 5%-му рівні значущості.

Загалом результати аналізу підтверджують, що динаміка використання електричної енергії підприємствами тісно пов'язана зі змінами обсягів виробництва продукції. Виявлений зв'язок є прямим, економічно логічним і статистично обґрунтованим, що дозволяє використовувати отриману модель для аналітичних та прогнозних розрахунків.

**Висновки.** У ході дослідження на основі статистичних даних за 2016–2024 рр. було побудовано математичну модель залежності обсягів використання електричної енергії підприємствами Чернігівської області від обсягів виробництва (виконання робіт). Аналіз динаміки обсягу виробництва продукції та енергоспоживання підприємствами засвідчив суттєвий вплив зовнішніх факторів (COVID-19, воєнні дії) на скорочення як виробництва, так і енергоспоживання, що підкреслює чутливість регіональної економіки Чернігівської області до макроекономічних ризиків.

Застосування методів регресійного аналізу в середовищі Microsoft Excel дало змогу визначити аналітичну залежність між цими показниками та оцінити їх загальні характеристики. Побудована лінійна регресійна модель характеризується високими показниками якості. Встановлено, що понад 97 % варіації обсягів використання електричної енергії пояснюється змінами обсягів виробництва продукції в межах досліджуваної моделі. Незначна різниця між коефіцієнтом детермінації і нормованим коефіцієнтом детермінації підтверджує адекватність специфікації моделі та відсутність її надмірної параметризації. Стандартна похибка регресії становить 26 773,85 кВт·год, що відповідає приблизно 3,6 % від середнього рівня використання електричної енергії та близько 7 % від розмаху її варіації. Це свідчить про високу точність апроксимації та практичну придатність моделі для аналітичних і прогнозних розрахунків. Результати дисперсійного аналізу засвідчили статистичну значущість моделі в цілому. Коефіцієнт регресії при змінній «обсяг виробництва продукції» є статистично значущим, що підтверджує економічно логічну залежність: зростання виробництва супроводжується пропорційним збільшенням використання електричної енергії.

Подальші наукові дослідження доцільно спрямувати на розширення часової вибірки для підвищення статистичної надійності оцінок та включення до моделі додаткових факторів (інвестиції, структура промисловості, ціни на енергоносії, індекси промислового виробництва тощо). Розширення моделі дозволить підвищити точність прогнозів та обґрунтованість управлінських рішень у сфері енергетичної політики Чернігівської області.

#### Список використаних джерел:

1. Phan Dao Dao Phan, Minh Anh Nguyen Nguyen Minh Anh, Ba Hung HUNG Nguyen et al. Using Linear Regression Analysis to Predict Energy Consumption. *PREPRINT (Version 1) available at Research Square*. 02 July 2024, <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4590592/v1>
2. Md. T.Sarker, M. J. Alam, G. Ramasamy, M. N. Uddin. Energy demand forecasting of remote areas using linear regression and inverse matrix analysis. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*. 2024. P. 129 – 139. DOI: <http://doi.org/10.11591/ijece.v14i1>
3. Malik H., Fatema N., Atif I. Intelligent data-analytics for condition monitoring. *Academic Press*, 2021. 252 p.
4. Misiurek, K., Olkuski, T., Zyśk, J. Review of methods and models for forecasting electricity consumption. *Energies*, 18 (15), 2025. 4032. <https://doi.org/10.3390/en18154032>
5. Debnath, Kumar Biswajit and Mourshed, Monjur. Forecasting methods in energy planning models. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018. V. 88. P. 297–325. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.02.002>
6. Gerasymenko, V., Kozyrskyi, V., Maiborodina, N., Kovalov, O. Mathematical model changing the value of the process of leakage current in 0.38 kV networks. *Modern Development Paths of Agricultural Production Trends and Innovations*, 2019. P. 339–347. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-14918-5\\_80](https://doi.org/10.1007/978-3-030-14918-5_80)
7. Gerasymenko V., Vasylenko V., Maiborodina N., Kozyrskyi V., Kovalov O. Development of an Intelligent Forecasting Unit for the Protection Device Against Leakage Currents in Electric Motors. *2023 17th International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM)*, Jaroslaw, Poland, 2023. P. 1–4, DOI:10.1109/CADSM58174.2023.10076495

- 
8. González Grandón, T., Schwenzer, J., Steens, T., & Breuing, J. Electricity demand forecasting with hybrid classical statistical and machine learning algorithms: Case study of Ukraine. *Applied Energy*, 2024. 355. 122249. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.122249>
  9. Державна служба статистики України. URL: <https://stat.gov.ua/uk> (дата звернення: 20.01.2026).
  10. Майбородина Н. В. Економетрика: навчальний посібник. Ніжин: ПП Лисенко М. М., 2021. 280 с.

#### References:

1. Phan Dao Dao Phan, Minh Anh Nguyen Nguyen Minh Anh, Ba Hung HUNG Nguyen et al. (2024). Using Linear Regression Analysis to Predict Energy Consumption. *PREPRINT (Version 1) available at Research Square*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4590592/v1>
2. Md. T.Sarker, M. J. Alam, G. Ramasamy, M. N. Uddin. (2024). Energy demand forecasting of remote areas using linear regression and inverse matrix analysis. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*. P. 129 – 139. DOI: <http://doi.org/10.11591/ijece.v14i1>
3. Malik H., Fatema N., Atif I. (2021). Intelligent data-analytics for condition monitoring. *Academic Press*. 252 p.
4. Misiurek, K., Olkuski, T., Zyśk, J. (2025). Review of methods and models for forecasting electricity consumption. *Energies*, 18 (15). 4032. <https://doi.org/10.3390/en18154032>
5. Debnath, Kumar Biswajit and Mourshed, Monjur. (2018). Forecasting methods in energy planning models. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. V. 88, P. 297–325. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.02.002>
6. Gerasymenko, V., Kozyrskyi, V., Maiborodina, N., Kovalov, O. (2019). Mathematical model changing the value of the process of leakage current in 0.38 kV networks. *Modern Development Paths of Agricultural Production Trends and Innovations*. P. 339–347. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-14918-5\\_80](https://doi.org/10.1007/978-3-030-14918-5_80)
7. Gerasymenko V., Vasylenko V., Maiborodina N., Kozyrskyi V., Kovalov O. (2023). Development of an Intelligent Forecasting Unit for the Protection Device Against Leakage Currents in Electric Motors. *2023 17th International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM)*, Jaroslaw, Poland. P. 1–4, DOI:10.1109/CADSM58174.2023.10076495
8. González Grandón, T., Schwenzer, J., Steens, T., Breuing, J. (2024). Electricity demand forecasting with hybrid classical statistical and machine learning algorithms: Case study of Ukraine. *Applied Energy*. V. 355. 122249. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.122249>
9. Maiborodina, N. V. (2021). *Ekonometryka [Econometrics]*: Nizhyn : PP Lysenko M. M.
1. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy [State Statistics Service of Ukraine]. Retrieved from: <https://stat.gov.ua/uk>

Дата першого надходження статті до видання: 22.02.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 10.03.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026