

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ПІДПРИЄМСТВАМИ ЧЕРНІГІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

**Н. В. Майбородіна, кандидат фізико-математичних наук, доцент
ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»**

<https://orcid.org/0000-0003-1754-6790>

E-mail: mainataliia2311@gmail.com

**В. П. Герасименко, кандидат технічних наук, доцент
ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»**

<https://orcid.org/0000-0002-4017-1141>

E-mail: syavagvp@gmail.com

Анотація. У статті досліджено динаміку використання електричної енергії підприємствами Чернігівської області та наведено прогноз обсягів споживання електричної енергії на 2026 рік. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю підвищення ефективності управління енергоресурсами підприємств в умовах економічної нестабільності, що спричинена повномасштабною війною в Україні та глобальною енергетичною кризою. Саме тому питання планування енергоспоживання, забезпечення безперервності виробничих процесів та підвищення енергоефективності набувають особливого значення для стабільного функціонування регіональної економіки Чернігівської області. Метою даного дослідження є побудова математичної моделі та прогнозування використання електричної енергії підприємствами Чернігівської області на основі статистичних даних за період 2016 – 2024 роки. Для проведення даного дослідження використовувалися офіційні дані Державної служби статистики України щодо обсягів використання електроенергії на виробничо-експлуатаційні та господарські потреби підприємств без урахування електроенергії, відпущеної населенню. Для аналізу використано методи описової статистики, кореляційного та регресійного аналізу із застосуванням табличного процесора Microsoft Excel. У результаті аналізу кореляційного поля розглянуто кілька видів регресійних моделей. Найбільш придатною виявилася поліноміальна функція третього степеня з коефіцієнтом детермінації $R^2 = 0,9303$, що свідчить про високий рівень узгодженості моделі з емпіричними даними. На основі побудованої емпіричної поліноміальна моделі отримано точковий прогноз обсягу споживання електричної енергії на 2026 рік, який становить 724274 тис. кВт-год. Результати дослідження можна використати для планування підвищення ефективності управління енергоресурсами Чернігівської області. Перспективи подальших наукових досліджень полягають у розширенні моделі, шляхом врахування домінуючих факторів, та застосування методів машинного навчання.

Ключові слова: електрична енергія, регресійний аналіз, математична модель, прогноз, промисловість, Чернігівська область

Вступ. Використання електричної енергії є одним із ключових показників діяльності промислових підприємств Чернігівської області. Використання електричної енергії відображає не лише рівень виробничої активності підприємств, а й ефективність використання енергетичних ресурсів та здатність підприємств підтримувати безперебійну роботу у складних економічних умовах. Сучасний стан економіки України та Чернігівської області зокрема, який зумовлений повномасштабною війною, вимагає невідкладного дослідження питання планування енергоспоживання.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю підвищення ефективності планування роботи підприємств Чернігівської області та оптимізації енергоспоживання в умовах економічної невизначеності та повномасштабної війни. Прогнозування електроспоживання дозволяє сформулювати основу для стратегічного планування, оптимізації управлінських рішень, уникнення надлишкового або критичного дефіциту енергоресурсів, підвищення енергоефективності підприємств, стабільності виробничого процесу та зменшення ризиків для промислового сектору Чернігівської області.

Огляд літературних джерел. Дослідженню використання електричної енергії приділяється велика увага науковців, оскільки забезпечення сталого розвитку промислового сектору є одним зі стратегічних завдань національної економіки країни.

У роботах [1] проведено систематичний огляд сучасних методів прогнозування, включно з традиційними підходами, методами кластеризації, штучного інтелекту та аналізу часових рядів, а також оцінено їхню ефективність.

Метою дослідження [2] було визначити найбільш придатний метод прогнозування для конкретних застосувань у промислових системах. Результати показали, що методи на основі штучного інтелекту, зокрема моделі машинного навчання та нейронні мережі, забезпечують найвищу точність прогнозів, досягаючи кращих показників RMS та MAPE порівняно з іншими підходами.

Експоненціальне згладжування є простим методом прогнозування часових рядів, а його розширення (метод Холта – Вінтерса) додатково враховує тренд і сезонність. Завдяки невисоким обчислювальним витратам і стабільній роботі з обмеженими даними цей підхід широко застосовувався як базовий інструмент у практичних задачах прогнозування [3].

Дослідження [4] присвячене методам прогнозування довгострокового погодинного попиту на електроенергію на регіональному та національному рівнях на 10 – 50 років уперед. В роботі досліджено проблеми прогнозування в умовах збільшення частки відновлюваних джерел та інтеграції енергетики з будівельним і транспортним секторами. У висновках запропоновано рекомендації щодо ключових аспектів, які слід враховувати при побудові довгострокових прогнозів навантаження.

У роботах [5] проаналізовано сучасні підходи до прогнозування електричного навантаження, зокрема поєднання різних алгоритмів машинного навчання для створення гібридних моделей. Проведено детальний розгляд як окремих, так і комбінованих методів прогнозування, оцінено їхні переваги, обмеження та функціональні можливості. Крім того, здійснено порівняння моделей за показниками MAE, RMSE та MAPE, що дозволило дослідникам вибрати найбільш ефективні методи для точного прогнозування електроспоживання.

У праці [6] досліджено застосування методів глибокого навчання для моніторингу та виявлення несправностей електромереж.

У роботі [7] показано, що немає універсального підходу до прогнозування, що підтверджує необхідність розвитку адаптивних моделей.

Незважаючи на стрімке зростання інтересу науковців до методів машинного та глибокого навчання у прогнозуванні електричних навантажень, класичні статистичні методи і надалі зберігають свою актуальність в наукових дослідженнях і практичному застосуванні [8, 9].

Використання класичних статистичних методів є особливо доцільними в умовах обмежених даних, низьких обчислювальних ресурсів і потреби в простих в інтерпретації моделях. Для прикладу, запропоновані в роботах [10, 11] моделі ARIMA та SARIMA, ефективно застосовуються для аналізу нестационарних часових рядів із явно вираженою автокореляцією та сезонністю.

У дослідженні [12] запропоновано підхід до прогнозування попиту на енергію у віддалених регіонах, що поєднує лінійну регресію та обернені матричні обчислення з використанням демографічних, економічних, метеорологічних і сезонних даних. Отримані в роботі результати свідчать про здатність моделі точно описувати складну динаміку енергоспоживання та підтримувати ефективне планування та управління ресурсами в умовах дефіциту енергії. Запропонований підхід можна застосовувати для короткострокового прогнозування попиту в сільських або віддалених регіонах.

В роботі [13] застосовано нейронні мережі з метою прогнозу різких піків струму на основі технологічних параметрів, та моделі, які відтворювали усереднені значення на базі часових рядів. Комбінування цих підходів у єдиний інтелектуальний блок підвищило

точність прогнозування та сприяло ефективнішому управлінню ризиками в енергетичних системах.

У дослідженні [14] використали нейронні мережі з метою прогнозу різких піків струму на основі технологічних параметрів, та моделі, які відтворювали усереднені значення на базі часових рядів. Комбінування цих підходів у єдиний інтелектуальний блок підвищило точність прогнозування та сприяло ефективнішому управлінню ризиками в енергетичних системах.

Беручи до уваги існуючі наукові дослідження у вивченні моделювання і прогнозування використання електричної енергії слід зазначити, що актуальним і недостатньо дослідженим є моделювання та прогнозування використання електричної енергії підприємствами Чернігівської області.

Мета дослідження – розробка математичної моделі та прогнозування використання електричної енергії підприємствами Чернігівської області на 2026 рік, що дозволяє визначити очікувані обсяги використання електричної енергії на виробничо-експлуатаційні та господарські потреби підприємств.

Для досягнення поставленої мети в роботі поставлено наступні завдання:

1. Проаналізувати динаміку використання електричної енергії підприємствами Чернігівської області.
2. Обґрунтувати вибір методу моделювання та побудувати математичну модель.
3. Виконати апроксимацію статистичних даних та оцінити точність обраної моделі.
4. Виконати прогноз обсягів використання електроенергії на 2026 рік.
5. Проаналізувати отримані результати та визначити можливості їх практичного застосування.

Матеріали і методи дослідження. Інформаційну основу дослідження становили статистичні дані Державної служби статистики України, що відображають обсяги використання електричної енергії підприємствами Чернігівської області у 2016 – 2024 роках [1].

Методологічна база роботи ґрунтується на застосуванні економіко-статистичних та математичних методів аналізу. Зокрема, використано методи описової статистики для узагальнення та систематизації вихідних даних, а також визначення їх основних статистичних характеристик. Для виявлення взаємозв'язку між досліджуваними показниками побудовано кореляційне поле та проведено кореляційний аналіз.

Основним інструментом моделювання обрано регресійний аналіз, у межах якого за допомогою методу найменших квадратів встановлено функціональну залежність між обсягом використання електроенергії та часовим фактором. Оцінювання адекватності побудованих моделей здійснювалося шляхом порівняння значень коефіцієнта детермінації та аналізу сум квадратів похибок.

Усі обчислення, графічне представлення результатів і екстраполяцію часових рядів для прогнозування показників на 2025 – 2026 роки виконано з використанням табличного процесора Microsoft Excel.

Результати досліджень та їх обговорення. Дослідження використання електричної енергії підприємствами Чернігівської області має важливе значення для сучасної економіки Чернігівської області та України в цілому, оскільки дохід промислового та сільськогосподарського виробництва, обороноспроможність України в умовах війни безпосередньо залежать від стабільності, надійності та ефективності використання електричної енергії.

Для створення математичної моделі використання електричної енергії підприємствами Чернігівської області скористаємося даними, які розміщені на сайті Державної служби статистики України в розділі Навколишнє середовище та енергетика / Енергетика / Постачання та використання енергії / Обсяг використаної електроенергії / Чернігівська область (2016 – 2024).

Статистичні дані обсягу використання електричної енергії на виробничо-експлуатаційні та господарські потреби підприємств без урахування обсягів, відпущених населенню за період 2016 – 2024 роки наведено в таблиці 1.

1. Обсяги використання електричної енергії на виробничо-експлуатаційні та господарські потреби підприємств

Роки	Використання електричної енергії на виробничо-експлуатаційні та господарські потреби підприємств без урахування обсягів, відпущених населенню, КВт/год, тис	Обсяг реалізованої продукції (товарів, послуг) суб'єктів господарювання за видами економічної діяльності, тис. грн
2016	889001	76472982
2017	892199	108783300
2018	895825,4	117693871
2019	853119,3	125409076
2020	786968,9	135878085
2021	738999,5	305331365
2022	529727,6	114365154
2023	583875,5	143750293
2024	608229,2	167188073

З метою автоматизації побудови моделі застосуємо табличний процесор Microsoft Excel [2].

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

2. Результати описової статистики в Excel

Характеристика	Використання електричної енергії на виробничо-експлуатаційні та господарські потреби підприємств без урахування обсягів, відпущених населенню, КВт/год, тис
Середнє значення	753105
Стандартна похибка	48456,4
Медіана	786968,9
Мода	#Н/Д
Стандартне відхилення	145369,2
Дисперсія вибірки	2,11E+10
Ексцес	-1,58309
Асиметрія	-0,51736
Інтервал	366097,8
Мінімум	529727,6
Максимум	895825,4
Сума	6777945
Кількість	9

На основі даних про обсяг використання електричної енергії підприємствами Чернігівської області (таблиця 1):

1. Визначимо вид функцій регресії.
2. Побудуємо функції регресії.
3. Спрогнозуємо обсяг використання електричної енергії підприємствами в Чернігівській області на 2025 та 2026 рік.

1. Для визначення виду функції використання електричної енергії на виробничо-експлуатаційні та господарські потреби підприємств Чернігівської області будуємо кореляційне поле точок (Рис. 1).

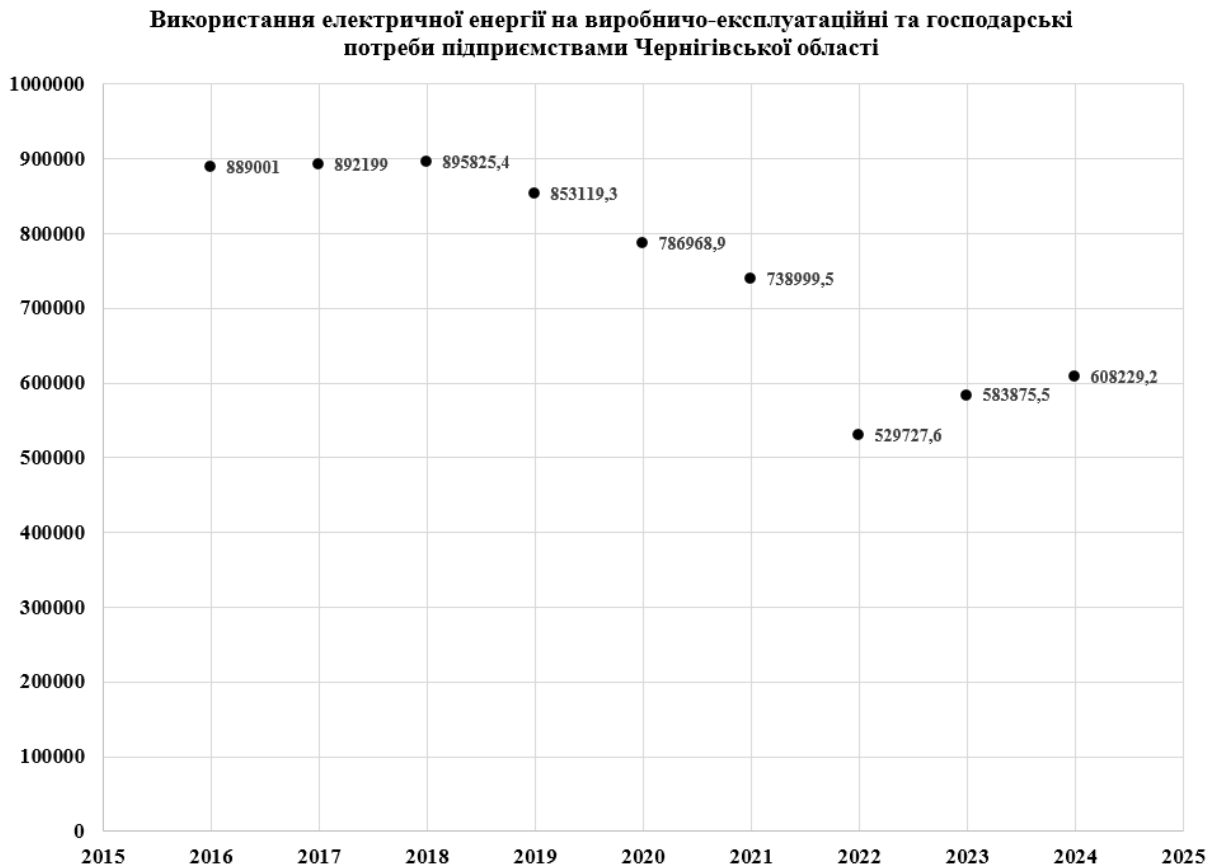


Рис. 1. Кореляційне поле точок

Як видно з приведенного графічного матеріалу на рис.1, у 2016 – 2018 роках спостерігалася відносна стабільність обсягу використання електричної енергії підприємствами з незначною тенденцією до зростання показника, що може свідчити про стабільний рівень економічної активності підприємств Чернігівської області та відсутність суттєвих зовнішніх впливів на використання електричної енергії підприємствами у цей період.

Починаючи з 2019 року, спостерігається стійке скорочення обсягів використання електроенергії. Така поведінка даних обсягу використання електричної енергії підприємствами узгоджується з негативним впливом пандемії COVID-19, що призвело до зниження виробничої активності та скорочення обсягів виробництва підприємствами.

На рис. 1 спостерігається найбільш різке падіння обсягів споживання електричної енергії у 2022 році. Такий спад пов'язаний з повномасштабною військовою агресією проти України. Руйнування інфраструктури, зупинка та переміщення підприємств за межі прикордонної Чернігівської області вплинули на рівень електроспоживання в області.

Починаючи з 2023 року спостерігається поступове відновлення обсягу використання електричної енергії в Чернігівській області. Але, не зважаючи на поступове збільшення, значення обсягу використання електричної енергії залишаються суттєво нижчими за довоєнний рівень. Це свідчить про неповне відновлення виробничого потенціалу підприємств в Чернігівській області та збереження структурного дисбалансу в економіці регіону.

Отже, динаміка використання електричної енергії підприємствами є чутливим індикатором економічної активності регіону та відображає вплив макроекономічних,

епідеміологічних і військово-політичних чинників на функціонування виробничого сектору Чернігівської області.

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

3. Метою сценарного прогнозування та наочного представлення прогнозних значень на 2025 і 2026 роки на графіках відображено екстраполяцію очікуваних змін у використанні електричної енергії підприємствами. Такий підхід забезпечує чітку візуалізацію очікуваних змін та дозволяє оцінити вектор розвитку енергоспоживання згідно з обраними регресійними моделями.

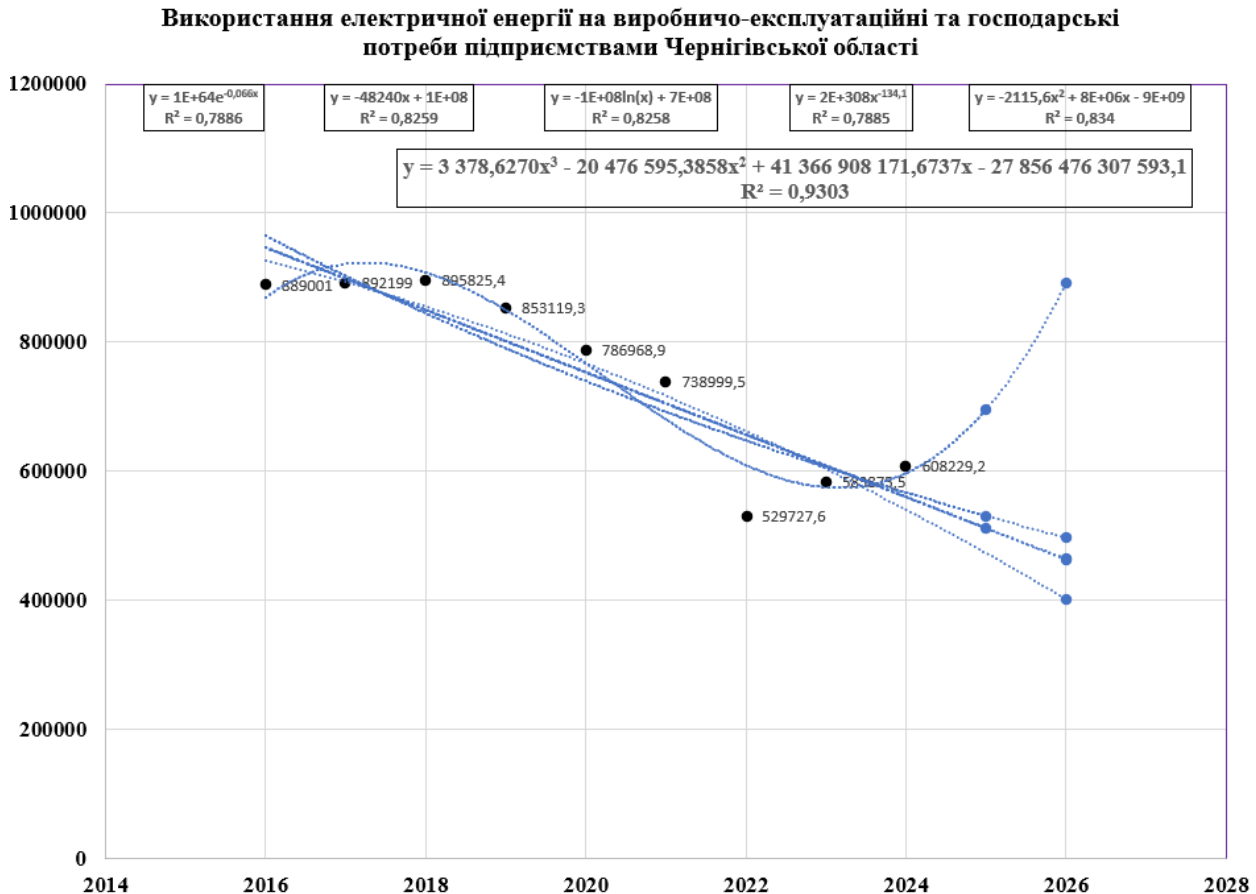


Рис. 2. Графіки залежностей обсягу використання електричної енергії підприємствами Чернігівської області в період 2016 – 2024 роки

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

Для вибору адекватної моделі скористаємося відомим методом оцінювання параметрів моделі – методом найменших квадратів [2]. Результати порівняння сум квадратів відхилень теоретичних значень обсягу використання електричної енергії підприємствами від їх емпіричних значень показали, що найменші відхилення у поліноміальній функції третього ступеня.

Емпірична функція регресії має вигляд:

$$y = 3378,6x^3 - 20476595,4x^2 + 41366908171,7x - 27856476307593,1.$$

Для знайденої функції регресії достовірність апроксимації [2] $R^2 = 0,9303$, тому можна вважати, що побудована функція регресії на 93,03% відповідає вхідним статистичним даним обсягу використання електричної енергії підприємствами Чернігівської області.

Обчислимо індекс кореляції $R = \sqrt{0,9303} \approx 0,96$.

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

3. Обчислимо точковий прогноз \hat{y}_{np} обсягу використання електричної енергії підприємствами Чернігівської області на 2026 рік за побудованою моделлю.

Для заданого значення $x_{np} = 2026$ знайдемо точковий прогноз побудованої емпіричної функції регресії:

$$\hat{y}_{np} = 3378,6x_{np}^3 - 20476595,4x_{np}^2 + 41366908171,7x_{np} - 27856476307593,1.$$

Значення \hat{y}_{np} обсягу використання електричної енергії підприємствами Чернігівської області на 2026 рік згідно одержаної функції регресії:

$$\hat{y}_{np} = 724274 \text{ (тис. кВт-год).}$$

Висновки. У даному дослідженні, спираючись на статистичні дані в період з 2016 по 2024 роки, за допомогою табличного процесора Microsoft Excel побудовано функцію регресії обсягу використання електричної енергії підприємствами Чернігівської області від часу. В роботі проведено регресійний аналіз обсягу використання електричної енергії підприємствами, в результаті якого підтверджено достовірність отриманої моделі. Статистичні висновки, які отримано в проведеному дослідженні, мають рівень статистичної значущості 95%, що свідчить про надійність одержаних в роботі результатів. Побудована функція регресії є статистично значущою та може бути використана для прогнозування майбутнього обсягу використання електричної енергії підприємствами Чернігівської області на 2026 рік.

Також результати проведеного дослідження мають важливе практичне значення для економіки Чернігівської області та України в цілому. Цінність проведеного дослідження полягає в тому, що розроблену математичну модель можна використовувати для оптимізації виробничого планування, складання економічних прогнозів та прийняття фінансово обґрунтованих управлінських рішень в регіоні.

У подальших дослідженнях доцільно розширити модель, врахувавши фактори, що практично можуть впливати на обсяг використання електричної енергії підприємствами Чернігівської області, зокрема: обсяг виробництва продукції, обсяг інвестицій, сезонні коливання виробничих потужностей тощо. Також перспективним є використання більш складних моделей та машинного навчання для підвищення точності прогнозування.

Список використаних джерел

1. Debnath K., Mourshed M. Forecasting methods in energy planning models. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018. Vol. 88. P. 297-325. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.02.002>
2. Habbak H., Mahmoud M., Metwally K., Fouda M. M., Ibrahem M. I. Load forecasting techniques and their applications in smart grids. *Energies*. 2023. Vol. 16, № 3. 1480. DOI: <https://doi.org/10.3390/en16031480>.
3. Holt C. C. Forecasting seasonals and trends by exponentially weighted moving averages. *International Journal of Forecasting*. 2004. Vol. 20. P. 5–10.
4. Lindberg K. B., Seljom P., Madsen H., Fischer D., Korpås M. Long-term electricity load forecasting: Current and future trends. *Utilities Policy*. 2019. Vol. 58. P. 102-119. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jup.2019.04.001>.
5. Mamun A. A., Sohel M., Mohammad N., Haque Sunny M. S., Dipta D. R., Hossain E. A comprehensive review of the load forecasting techniques using single and hybrid predictive models. *IEEE Access*. 2020. Vol. 8. P. 134911-134939. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3010702>.
6. Malik H., Fatema N., Atif I. *Intelligent data-analytics for condition monitoring*. Academic Press, 2021. 252 p.
7. Misiurek K., Olkusi T., Zyśk J. Review of methods and models for forecasting electricity consumption. *Energies*. 2025. Vol. 18, № 15. 4032. <https://doi.org/10.3390/en18154032>.
8. González G. 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. Vol. 355. 122249. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.122249>

9. Phan D., Minh A., Ba H. 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>.
10. Park M. J., Yang H. S. Comparative study of time series analysis algorithms suitable for short-term forecasting in implementing demand response based on AMI. *Sensors*. 2024. Vol. 24, № 22. 7205. DOI: <https://doi.org/10.3390/s24227205>.
11. Szostek K., Mazur D., Drahus G., Kuszniar J. Analysis of the effectiveness of ARIMA, SARIMA, and SVR models in time series forecasting: A case study of wind farm energy production. *Energies*. 2024. Vol. 17, № 19. 4803. DOI: <https://doi.org/10.3390/en17194803>.
12. Sarker M. T., Alam M. J., Ramasamy G., Uddin M. N. Energy demand forecasting of remote areas using linear regression and inverse matrix analysis. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*. 2024. DOI: <http://doi.org/10.11591/ijece.v14i1. P. 129-139>.
13. Gerasymenko V., Kozyrskyi V., Maiborodina N., Kovalov O. Mathematical model changing the value of the process of leakage current in 0.38 kV networks. In: Nadykto V. (ed.). *Modern Development Paths of Agricultural Production*. Cham: Springer, 2019. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-14918-5_35.
14. 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. *Proceedings of the 17th International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM)*. Jaroslaw, Poland, 2023. P. 1-4. DOI: <https://doi.org/10.1109/CADSM58174.2023.10076495>.
15. Державна служба статистики України. URL: <https://stat.gov.ua/uk> (дата звернення: 15.03.2026).
16. Майбородина Н. В. Економетрика: навчальний посібник. Ніжин: ПП Лисенко М. М., 2021. 280 с.

MATHEMATICAL MODEL OF ELECTRICITY CONSUMPTION BY ENTERPRISES OF THE CHERNIHIV REGION

N. Maiborodina, V. Gerasymenko

Abstract. *The article examines the dynamics of electricity consumption by enterprises in Chernihiv Oblast and presents a forecast of electricity consumption for 2026. The relevance of the study is determined by the need to improve the efficiency of energy resource management in enterprises under conditions of economic instability caused by the full-scale war in Ukraine and the global energy crisis. Therefore, issues of energy consumption planning, ensuring the continuity of production processes, and improving energy efficiency are becoming particularly important for the stable functioning of the regional economy of Chernihiv Oblast.*

The aim of this study is to develop a mathematical model and forecast electricity consumption by enterprises in Chernihiv Oblast based on statistical data for the period 2016–2024. Official data from the State Statistics Service of Ukraine on electricity consumption for production, operational, and business needs of enterprises, excluding electricity supplied to households, were used in this study.

Methods of descriptive statistics, correlation analysis, and regression analysis implemented in Microsoft Excel were applied. As a result of the correlation field analysis, several types of regression models were considered. The cubic polynomial function proved to be the most suitable, with a coefficient of determination $R^2 = 0.9303$, indicating a high level of agreement between the model and empirical data.

Based on the constructed empirical polynomial model, a point forecast of electricity consumption for 2026 was obtained, amounting to 724,274 thousand kWh. The results of the study can be used for planning and improving the efficiency of energy resource management in Chernihiv Oblast.

Future research prospects include extending the model by incorporating dominant influencing factors and applying machine learning methods.

Keywords: *electricity, regression analysis, mathematical model, forecasting, industry, Chernihiv region.*

References

1. Debnath, K., Mourshed, M. (2018). Forecasting methods in energy planning models. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 88. pp. 297-325. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.02.002>
2. Habbak, H., Mahmoud, M., Metwally, K., Fouda, M. M., & Ibrahim, M. I. (2023). Load forecasting techniques and their applications in smart grids. *Energies*, Vol. 16, № 3. 1480. DOI: <https://doi.org/10.3390/en16031480>.

3. Holt, C. C. (2004). Forecasting seasonals and trends by exponentially weighted moving averages. *International Journal of Forecasting*, Vol. 20. pp. 5–10.
4. Lindberg, K. B., Seljom, P., Madsen, H., Fischer, D., & Korpås, M. (2019). Long-term electricity load forecasting: Current and future trends. *Utilities Policy*, Vol. 58. p. 102-119. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jup.2019.04.001>.
5. Mamun, A., Sohel, M., Mohammad, N., Haque, S., Dipta, R., & Hossain, E. (2020). A comprehensive review of the load forecasting techniques using single and hybrid predictive models. *IEEE Access*, Vol. 8. pp. 134911-134939. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3010702>.
6. Malik, H., Fatema, N., Atif, I. (2021). Intelligent data-analytics for condition monitoring. *Academic Press*, 252 p.
7. Misiurek, K., Olkusi, T., Zyśk, J. (2025). Review of methods and models for forecasting electricity consumption. *Energies*, Vol. 18, № 15. 4032. <https://doi.org/10.3390/en18154032>.
8. González, G., Schwenzer, J., Steens, T., Breuing, J. (2024). Electricity demand forecasting with hybrid classical statistical and machine learning algorithms: Case study of Ukraine. *Applied Energy*, Vol. 355. 122249. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.122249>
9. Phan, D., Minh, A., Ba, H. 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>.
10. Park, M. J., Yang, H. S. (2024). Comparative study of time series analysis algorithms suitable for short-term forecasting in implementing demand response based on AMI. *Sensors*, Vol. 24, № 22. 7205. DOI: <https://doi.org/10.3390/s24227205>.
11. Szostek, K., Mazur, D., Drałus, G., & Kuznier, J. (2024). Analysis of the effectiveness of ARIMA, SARIMA, and SVR models in time series forecasting: A case study of wind farm energy production. *Energies*. Vol. 17, № 19. 4803. DOI: <https://doi.org/10.3390/en17194803>.
12. Sarker, M. T., Alam, M. J., Ramasamy, G., & Uddin, M. N. (2024). Energy demand forecasting of remote areas using linear regression and inverse matrix analysis. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*. DOI: <http://doi.org/10.11591/ijece.v14i1.P.129-139>.
13. 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. In: Nadykto V. (ed.). Modern Development Paths of Agricultural Production. *Springer*, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-14918-5_35.
14. 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. In *Proceedings of the 17th International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM)*. pp. 1-4. Jaroslaw, Poland, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1109/CADSM58174.2023.10076495>.
15. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy [State Statistics Service of Ukraine]. Retrieved from: <https://stat.gov.ua/uk>
16. Maiborodina, N. V. (2021). *Ekonometryka [Econometrics]*: Nizhyn: PP Lysenko M.M.