

УДК 004.048

DOI <https://doi.org/10.32782/IT/2024-1-2>

Анна БАКУРОВА

доктор економічних наук, професор, професор кафедри системного аналізу та обчислювальної математики, Національний університет «Запорізька політехніка», вул. Жуковського, 64, м. Запоріжжя, Україна, 69063

ORCID: 0000-0001-6986-3769

Scopus Author ID: 57208904976

Олеся ЮСЬКІВ

аспірант кафедри системного аналізу та обчислювальної математики, Національний університет «Запорізька політехніка», вул. Жуковського, 64, м. Запоріжжя, Україна, 69063

ORCID: 0000-0002-7669-7647

Бібліографічний опис статті: Бакурова, А., Юськів, О. (2024). Аналіз залежності енергоспоживання металургійного підприємства від метеофакторів. *Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security*, 1, 12–20, doi: <https://doi.org/10.32782/IT/2024-1-2>

АНАЛІЗ ЗАЛЕЖНОСТІ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ МЕТАЛУРГІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА ВІД МЕТЕОФАКТОРІВ

Актуальною проблемою сучасного металургійного підприємства є підвищення його енергоефективності, яка пов'язана, в першу чергу з енергозбереженням. **Мета даного дослідження** – оцінити вплив температури навколишнього середовища та хмарності на енергоспоживання ПрАТ «Дніпрспецсталь». В якості вхідних даних представлена інформація за зимовий та літній періоди 2018–2021 рр.

Вплив температури на енергоспоживання залежить не тільки від стану опалювальної системи, але й величини самої температури. Збільшення навантаження на енергосистему в серпні та грудні є наслідком температурних коливань. Облік сукупності метеорологічних факторів дозволяє істотно підвищити точність прогнозів енергоспоживання металургійних підприємств та відповідно, збільшити ефективність планування і управління режимами функціонування підприємств енергетичної галузі.

Методологія. Використовуючи програмний продукт Gretl, який призначений для статистичного аналізу та економічних оцінок був проведений багатфакторний регресійний аналіз для визначення параметрів регресії зі стохастичними змінними температурою та хмарністю. В даному пакеті були побудовані графіки та моделі залежностей енергоспоживання від температури та хмарності. В ході експериментів були визначені критерії якості моделей та здійснена оцінка придатності моделей за допомогою F-критерію Фішера. Всі побудовані моделі адекватні в цілому для кожного з 8 випадків, а деякі з них можуть бути використані для здійснення прогнозів.

Наукова новизна запропонованих досліджень полягає в тому, що вперше був досліджений вплив метеофакторів на енергоспоживання металургійного підприємства за допомогою економічного пакету Gretl.

Висновки. Проведені дослідження показали, що в зимовий період року енергоспоживання значно залежить від температури (на рівні 5%) і зовсім не залежить від хмарності. Щодо літнього періоду можна стверджувати також про залежність енергоспоживання від температури, але вона є значно нижчою.

Ключові слова: температура, енергоспоживання, металургійне підприємство, коефіцієнт кореляції, метеофактори.

Anna BAKUROVA

Doctor of Economics, Professor of the Department of System Analysis and Computational Mathematics, Zaporizhzhia Polytechnic National University, 64, Zhukovsky Str., Zaporizhzhia, Ukraine, 69063, abaka111060@gmail.com

ORCID: 0000-0001-6986-3769

Scopus Author ID: 57208904976

Olesya YUSKIV

Graduate student of the Department of System Analysis and Computational Mathematics, Zaporizhzhia Polytechnic National University, 64, Zhukovsky Str., Zaporizhzhia, Ukraine, 69063, yuskivolesya66@gmail.com

ORCID: 0000-0002-7669-7647

To cite this article: Bakurova, A., Yuskiv, O. (2024). Analiz zalezhnosti enerhospozhyvannia metalurhiinoho pidpriemstva vid meteofaktoriv [Analysis of dependence of energy consumption metallurgical enterprise from meteofaktor]. *Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security*, 1, 12–20, doi: <https://doi.org/10.32782/IT/2024-1-2>

ANALYSIS OF DEPENDENCE OF ENERGY CONSUMPTION METALLURGICAL ENTERPRISE FROM METEOFAKTOR

The urgent problem of a modern metallurgical enterprise is to increase its energy efficiency, which is primarily related to energy saving. The purpose of this study is to assess the impact of ambient temperature and cloudiness on the energy consumption of Dniprospeksstal PJSC. Information for the winter and summer periods of 2018–2021 is presented as input data.

The influence of temperature on energy consumption depends not only on the state of the heating system, but also on the value of the temperature itself. The increase in the load on the power system in August and December is a consequence of temperature fluctuations. Accounting for the set of meteorological factors allows to significantly increase the accuracy of forecasts of energy consumption of metallurgical enterprises and, accordingly, to increase the efficiency of planning and management of the functioning modes of enterprises of the energy industry.

Methodology. *Using Gretl software, which is designed for statistical analysis and econometric evaluations, a multivariate regression analysis was performed to determine regression parameters with stochastic variables temperature and cloudiness. In this package, graphs and models of dependences of energy consumption on temperature and cloudiness were built. During the experiments, the quality criteria of the models were determined and the suitability of the models was evaluated using Fisher's F-criterion. All constructed models are generally adequate for each of the 8 cases, and some of them can be used to make predictions.*

The scientific novelty of the proposed research lies in the fact that the impact of weather factors on the energy consumption of a metallurgical enterprise was investigated for the first time using the Gretl econometric package.

Conclusions. *The conducted studies showed that in the winter period of the year, energy consumption significantly depends on the temperature (at the level of 5%) and does not depend on cloudiness at all. Regarding the summer period, it can also be argued that energy consumption depends on temperature, but it is much lower.*

Key words: *temperature, energy consumption, metallurgical enterprise, correlation coefficient, meteorological factors.*

Актуальність проблеми. Перехід до сталого розвитку повинен супроводжуватися створенням та оптимальним використанням внутрішнього потенціалу підприємства, що визначається ефективністю використання всіх необхідних для виробництва ресурсів. Це пов'язано з постійним зростанням цін на електроенергію та інші енергоносії.

Облік впливу метеофакторів є необхідною умовою при плануванні обсягів використання електроенергії, так як навіть невелика помилка в прогнозі може спричинити значні економічні витрати.

Кліматичні і географічні особливості, в сукупності з метеофакторами, виникнення природних та техногенних аномалій також призводять до необхідності аналізу факторів їх впливу на рівень енергоспоживання. Точність розрахунків споживання значною мірою визначає балансову надійність енергосистем. Коефіцієнти впливу температури також застосовуються для оцінки приростів споживання за різні роки та формування статистичної і звітної документації (Політов, 2009, с. 61–64).

Тому моніторинг погодних змін є важливим аспектом в побудові моделей розрахунку енергоспоживання. Як правило, такі моделі будуються з використанням фактичних погодних даних.

Аналіз предметної галузі та наявних рішень. Проблеми раціонального використання ресурсів в тому числі енергетичних, управління виробничими витратами давно знаходяться в полі зору економічної науки.

В монографії Belt С.К. (Belt, 2017), що є фундаментальною працею з енергоменеджменту в металургійній індустрії, відмічається існування тенденції збільшення використання газу в зимові місяці. Авторка зауважує, що врахування в металургійному виробництві залежності енергоспоживання від метеорологічних умов (освітлення, температура) може бути життєздатним проектом.

У роботі (Ковалішин, 2020) були розроблені математичні моделі для обліку кореляційних і регресійних залежностей між впливом температури навколишнього середовища та енергоспоживанням з метою підвищення точності моделювання та прогнозування.

В праці (Шараєвський, 2007) розроблена прогнозна модель процесу споживання електричної енергії для металургійного підприємства з урахуванням зовнішніх впливів вітро – холододового індексу.

В праці (Белопольська, 2010) при розрахунках короткострокового споживання застосовується методика розрахунку коефіцієнтів впливу

метеофакторів, заснована на методі сезонних кривих. Зміна коефіцієнта впливу описується шматково-лінійною моделлю.

Раніше коефіцієнт впливу температури, що використовується в практиці розрахунків, був досить стабільним і коливався в діапазоні 0,5–0,8% на 1 градус Цельсія (Дзядикевич, Буряк, 2010). За останні роки на тлі зниження виробничого навантаження можна спостерігати зростання освітлювального навантаження і, як наслідок, збільшення впливу метеофакторів на енергоспоживання. Отже, необхідно уточнити моделі впливу метеофакторів на енергоспоживання в сучасних кліматичних умовах.

Тому основна **мета даної роботи** полягає в проведенні аналізу зміни електроспоживання під впливом температури навколишнього середовища та хмарності (кількості опадів) на прикладі енергосистеми ПрАТ «Електрометалургійний завод «Дніпроспецсталь».

Постановка завдання. Споживання енергії в українській промисловості занадто велике. Серед енергоємних галузей промисловості найважливішою є металургія, яка відповідає за споживання ~ 35% (Політов, 2009, с. 61–64) первинної енергії, що використовується для промислового виробництва. Зменшення споживання енергії може створити позитивні економічні ефекти та зменшити забруднення навколишнього середовища.

Планування режимів роботи енергетичної системи – найважливіше завдання в процесі управління нею, від вирішення цього завдання залежить ефективність та економічна рентабельність металургійного підприємства. Для цього розробляється прогноз споживання електроенергії, який є базовим показником. Аналіз ведеться для прогнозування споживання електроенергії та потужності системою в цілому, по групах, а також по окремих вузлах.

Планування балансу розподілу електроенергії, а також режимів подачі електрики виробляється на основі прогнозованого значення енергоспоживання. Точність та достовірність прогнозу безпосередньо впливає на технологічний і економічний аспекти функціонування енергосистеми. Результати аналізу зміни споживання електроенергії під впливом метеорологічних факторів застосовуються для оптимального розподілу навантажень.

Всі метеофактори можна розділити на три групи:

- періодичні – температура повітря ($^{\circ}\text{C}$), тривалість світлового дня, тривалість опалювального періоду;

- природні – атмосферний тиск (мм. ртутного стовбця), відносна вологість повітря, напрям вітру, швидкість вітру (м/с), хмарність (%);

- випадкові – радикальні зміни погодних умов у зв'язку з кліматичними умовами.

Радикальні зміни погодних умов пов'язані насамперед зі зміною кліматичних умов. В даному дослідженні будемо розглядати не всі метеофактори, а тільки температуру та хмарність. Також варто зазначити, що при дослідженні впливу метеофакторів на енергоспоживання металургійних підприємств не враховується день тижня, так як сталеплавильне виробництво є безперервним процесом. А час доби необхідно враховувати, так як в металургії існує поняття розбиття доби на тарифні зони ніч-день, завдяки яким можна визначити потенціал енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності за рахунок активізації діяльності у нічні часи, коли ціна значно нижча (937 грн/МВт*год), та зменшення активності у денні часи (2011 грн/МВт*год) (Юськів, 2021; Martin, Worrell, Ruth, Price, Elliott, Shipley, Thorne, 2001). Всі вище зазначені фактори обумовлюють періодичні та нерегулярні коливання електроспоживання.

Суттєвий вплив на електроспоживання мають метеорологічні фактори – насамперед температура та хмарність (освітленість). Вони значною мірою визначають глибокі сезонні коливання та добову нерівномірність графіків споживання. Стійкі сезонні та добові цикли коливань метеофакторів та їх вплив можуть бути представлені в аналітичному вигляді та використовуватися при розробці прогнозів очікуваних значень споживання на всіх циклах планування та управління режимами енергоспоживання у металургії.

Температурні зміни мають найбільший кількісний вплив на споживання електроенергії. Показники температури зовнішнього повітря впливають на опалювальні витрати приміщень, а також продуктивність побутових і промислових апаратів: холодильного обладнання, кондиціонерів, вентиляційних систем та ін.

Вологість та вітер зазвичай не розглядаються, як визначальні для електроспоживання, проте вони здатні значно посилювати дію основних факторів, що впливають – температури та хмарності.

Залежність енергоспоживання від метеофакторів, і навіть від температури, загалом нелінійна та має досить складний характер. Для оцінки їхнього впливу застосовуються коефіцієнти впливу. Вони відображають лінійний взаємозв'язок відхилень навантаження

від регулярної складової $P_{cp}(n)$ (середніх значень) та відхилень температури від регулярної компоненти T_{cp} на 1°C . Постачальники електричної енергії використовують на практиці коефіцієнт впливу температури. Він досить стабільний і може застосовуватися для аналізу та прогнозу, діапазон коливань становить $0,5\text{--}1\%$ на 1°C . Розглядаючи природні фактори, що впливають на функціонування промислових об'єктів, необхідно відзначити їх сезонність та непередбачуваність. Аномальні коливання особливо сильно позначаються у весняний та осінній періоди, які є сусідніми місяцями до опалювального сезону

Колівання метеорологічних показників можуть викликати нерівномірність енергоспоживання, що призводить до необхідності термінового підключення додаткових потужностей і, відповідно, збою графіків поставки електроенергії, порушення режимів роботи підприємств постачальників енергії, зниження їх економічності, зносу устаткування.

Досліджуючи динаміку залежності навантаження від метеофакторів слід зазначити деяке запізнення, пов'язане з інерційністю впливу температури. Цей фактор відзначається давно та підтверджується багатьма дослідженнями. Для якісної оцінки цього явища можна використати кореляційну функцію. Розрахунок взаємної кореляційної функції показує наявність явно вираженого запізнення змін електроспоживання стосовно змін температури (Дзядикевич, 2010).

Виклад основного матеріалу. Відомо досить багато програм економетричного аналізу та прогнозування (MSExcel, MatLab, wxmaxima, Gretl та ін.). Для оцінки параметрів регресійної моделі зазвичай застосовується метод найменших квадратів та його модифікації. Запропонований чисельний метод оцінювання лінійних моделей множинної регресії зі стохастичними змінними реалізовано у економетричному пакеті Gretl.

Метою регресійного аналізу є оцінка функціональної залежності $y = \hat{f}(x_1, x_2, \dots, x_n) + u$ результативної ознаки (y) від факторних (x_1, x_2, \dots, x_n). Формула (1) представляє собою лінійну модель множинної регресії.

$$y = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot x_1 + \dots + \alpha_n x_n + u \quad (1)$$

де y – фактичне значення результативної ознаки;

x_i – ознаки-фактори;

a_i – параметр регресійної моделі;

u – випадкова помилка (залишок), що характеризує відхилення реального значення

результативної ознаки від теоретичної. Вона включає вплив не врахованих у моделі факторів, випадкових помилок та особливостей вимірювання.

Статистичне моделювання зв'язку методом лінійного регресійного аналізу здійснюється в 3 етапи.

На першому етапі проводиться оцінювання параметрів лінійної регресійної моделі однокроковим методом найменших квадратів (1МНК або OLS – Ordinary Least Squares). Цей метод дозволяє отримати такі оцінки параметрів, при яких сума квадратів відхилень фактичних значень результативної ознаки (y) від розрахункових (теоретичних) мінімальна. Вектор оцінок параметрів моделі (1) визначається виразом (2).

$$\alpha = [X^T \cdot X]^{-1} \cdot X^T \cdot Y \quad (2)$$

Перевірка адекватності регресійної моделі (перевірка значущості індивідуальних оцінок коефіцієнтів моделі за допомогою t-критерію Стьюдента, формула (3)). Значимість параметра визначається шляхом перевірки нульової гіпотези про рівність його нулю (для обраного рівня значущості).

$$t_{p_{\alpha_i}} = \frac{|\alpha_i|}{\sqrt{\sigma_{\alpha_i}^2}} \quad (3)$$

де α_i – оцінка i -го коефіцієнта моделі, COEFFICIENT;

$\sigma_{\alpha_i}^2$ – оцінка дисперсії параметра α_i , $\sqrt{\sigma_{\alpha_i}^2} = \text{STDERROR}$.

На другому кроці перевірки адекватності моделі оцінюється її значимість (придатність) в цілому, використовуючи показники: F-критерій Фішера, формула (4). Значимість регресії перевіряється шляхом перевірки нульової гіпотези про рівність нулю всіх параметрів моделі (для обраного рівня значущості).

$$F_p = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{n - k}{k - 1} \quad (4)$$

де n – число спостережень; k – число коефіцієнтів факторів, R^2 – коефіцієнт детермінації – частка варіації (дисперсії) залежної змінної y , яка пояснюється рівнянням регресії, UNADJUSTED R^2 формула (5).

$$R^2 = \frac{\hat{\alpha}^T \cdot X^T \cdot Y - n \cdot \bar{Y}^2}{Y^T \cdot Y - n \cdot \bar{Y}^2} \quad (5)$$

При аналізі рівняння регресії на адекватність для досліджуваного процесу можливі такі варіанти:

– модель за показником F-критерія Фішера, як правило, адекватна, і всі коефіцієнти регресії

є значущими. Таку модель можна використовувати для прийняття рішень та робити прогнози;

– модель за показником F-критерія Фішера є адекватною, але деякі коефіцієнти регресії незначущі. У цьому випадку модель можна використовувати для прийняття рішень, але не для прогнозування;

– модель за показником F-критерія Фішера є адекватною, але всі коефіцієнти регресії незначущі. У цьому випадку модель повністю вважається неадекватною. На її основі не приймаються рішення і не здійснюються прогнози.

Робимо обчислення і побудову моделей для нормованих показників. Нормування виконується за формулою:

$$u_i^{norm} = \frac{u_{max} - u_i}{u_{max} - u_{min}} \quad (6)$$

На рис. 1 відображене нормоване споживання електроенергії, температури та хмарності протягом 2018–2021 рр. (Weather info) на основі реальних даних на ПрАТ «Дніпроспецсталь». Різде падіння енергоспоживання 2020 р. обумовлене різким спадом виготовлення металопродукції (Dniprospecstal info) в порівнянні з 2019 роком на 316 366 тис. грн, що складає 82,0%. переважно за рахунок зміни структури реалізації по групах марок сталі, внаслідок зниження об'ємів високолегованих марок та зниження цін на готову продукцію, і було обумовлено тенденціями на ринку металопродукції України та світу.

За рис. 1 можна помітити наступну тенденцію залежності енергоспоживання ПрАТ «Дніпроспецсталь» від температури навколишнього середовища – при різкому зниженні

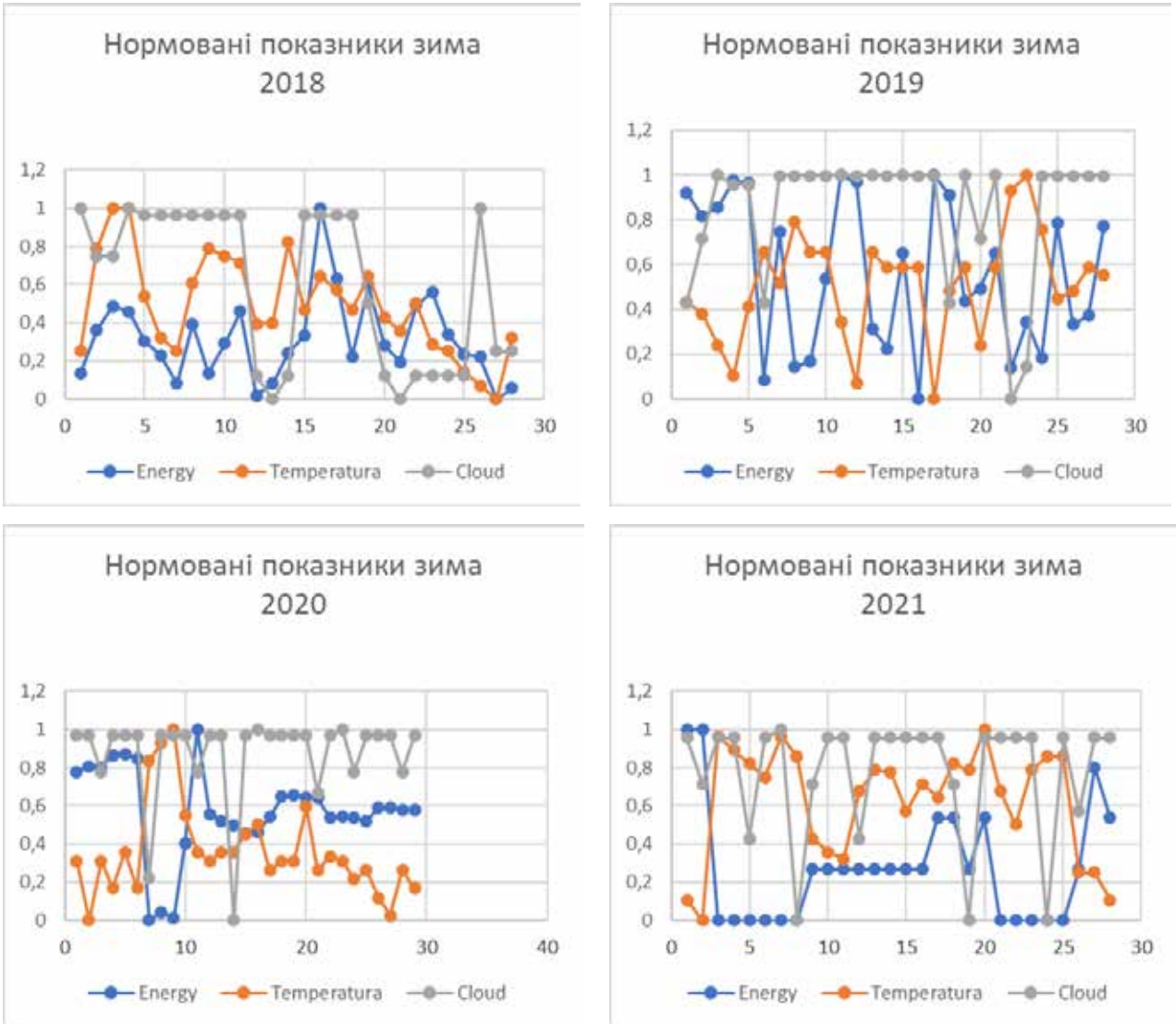


Рис. 1. Графіки нормованих показників в зимовий період року (лютий) протягом 2018–2021 рр.

температури значення енергоспоживання збільшується (наглядно можна спостерігати для зимових періодів 2020 та 2021 років). Такої наочної залежності в літній період не спостерігається (рис. 2).

Для більш точного аналізу залежності енергоспоживання від температури, хмарності використано економетричний пакет Gretl (Gretl info). У пакеті GRETЛ параметри моделей були оцінені із застосуванням методу найменших квадратів (Adkins). Інформація була отримана для літнього та зимового періодів на протязі 4 років. Побудовані моделі залежності енергоспоживання Energy від двох незалежних змінних Temperatura та Cloud наведені в таблиці 1. У дужках вказані стандартні похибки.

В табл. 2 наведені значення критеріїв якості побудованих моделей та вказано значущість

факторів Temperatura і Cloud, для чого використано позначення, що прийняті в пакеті Gretl: *** – значущість фактору на рівні 1%; ** – значущість фактору на рівні 5%; * – значущість фактору на рівні 10%.

За даними таблиці 2 можна зробити висновок, що в зимовий період року енергоспоживання значно залежить від температури (2019–2021 рр. на рівні 1% і 2018 р на рівні 5%) і зовсім не залежить від хмарності. Щодо літнього періоду можна також стверджувати про залежність енергоспоживання від температури, але вона значно нижча, а в 2019 р. взагалі відсутня. Цікавим є випадок літа 2018 р., коли простежується сильна залежність енергоспоживання від обох факторів, хоча в інші роки знову спостерігається відсутність впливу фактору хмарності.

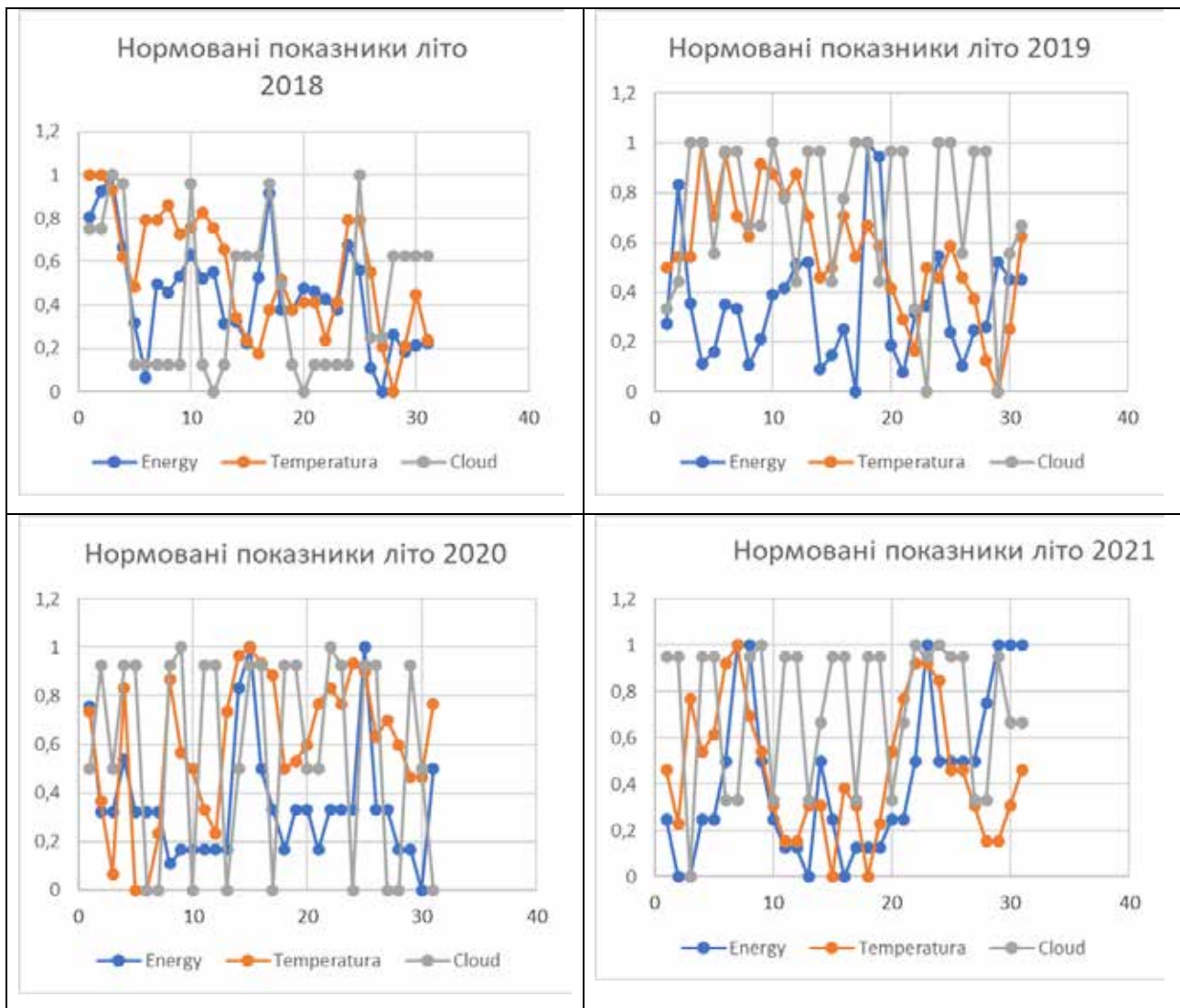


Рис. 2. Графіки нормованих показників в літній період року (липень) протягом 2018–2021 рр.

Таблиця 1

Рівняння для двофакторної моделі

	Зима (лютий)	Літо (липень)
2018	Energy = 0,456 – 0,349*Temp + 0,0601*Cloud (0,122) (0,158) (0,101)	Energy = 0,0516 + 0,504*Temp + 0,293*Cloud (0,0856) (0,124) (0,0984)
2019	Energy = 1,29 – 1,11*Temp – 0,179*Cloud (0,209)(0,202) (0,166)	Energy = 0,416 + 0,107*Temp – 0,179*Cloud (0,137) (0,194) (0,155)
2020	Energy = 0,751 – 0,751*Temp + 0,101*Cloud (0,136) (0,129) (0,133)	Energy = 0,0838 + 0,387*Temp + 0,0665*Cloud (0,110) (0,144) (0,0998)
2021	Energy = 0,666 – 0,690*Temp + 0,0495*Cloud (0,165) (0,156) (0,141)	Energy = 0,171 + 0,397*Temp + 0,0959*Cloud (0,199) (0,217) (0,204)

Таблиця 2

Критерії якості моделей

Рік	Зимовий період					Літній період				
	R ²	F-критерій	P-значення (F)	Значимість фактору		R ²	F-критерій	P-значення (F)	Значимість фактору	
				Temp	Cloud				Temp.	Cloud
2018	0,22	3,43	0,048	**	–	0,48	13,03	0,000	***	***
2019	0,56	15,9	0,000	***	–	0,05	0,68	0,512	–	–
2020	0,59	18,48	0,000	***	–	0,22	3,91	0,031	**	–
2021	0,45	10,38	0,000	***	–	0,11	1,69	0,202	*	–

Критерій Фішера (F-критерій) використовується для оцінки значущості (придатності) моделі у цілому (Adkins). У побудованих моделях проаналізовано значення даного критерію та прийнято рішення про адекватність моделі в цілому для кожного з восьми випадків.

Для моделі «зима 2018 р.» F-критерій Фішера дорівнює 3,43 для р-значення < 0,048. Оскільки р-значення незначно менше обраного рівня значущості (0,05), то можна прийняти альтернативну гіпотезу та визнати адекватність моделі в цілому, але R² = 0,22, що означає низький рівень пояснення моделлю фактичних даних. В наступних моделях, що відповідають зимовому періоду 2019–2021 років р-значення критерію Фішера значно менше рівня значущості 0,01, що дає більшу впевненість в адекватності цих моделей. Також коефіцієнт детермінації приймає значення більше за 0,5, отже відповідні моделі пояснюють фактичні дані на достатньому рівні. Для моделей, що відносяться до літнього періоду на кожен рік є свої особливості: 2018 та 2020 роки – моделі адекватні в цілому, а для 2019 та 2021 років – не адекватні, оскільки в цих випадках р-значення критерію Фішера більше за обраний рівень значущості (0,05).

З урахуванням інформації про значущість факторів в моделях можна зробити висновок, що всі двофакторні моделі (крім літо 2019 та 2021 років) є адекватними, але мають незначущий фактор Cloud (крім «літо 2018 р.»), тому вони в цілому придатні для практичного

використання для прийняття рішень, а модель «літо 2018 р.» також придатна і для складання прогнозів.

Для подальших досліджень для побудови прогнозу ми виключаємо із моделі змінну хмарності, яка не є статистично значимою та отримуємо однофакторну модель, за її характеристиками можна оцінити залежність енергоспоживання тільки від одного параметру – температури (Temp).

Висновки. Енергоспоживання металургійних підприємств залежить від впливу метеофакторів та для достовірного прогнозу споживання необхідно враховувати цей взаємозв'язок. Особливо необхідний облік впливу метеофакторів для енергосистем, де значна частка споживання припадає на освітлювальне та виробниче навантаження.

У зв'язку із зміною структури споживання електроенергії підприємств в останні роки збільшився вплив метеофакторів на споживання. Для повного обліку впливу метеофакторів рекомендується проводити аналіз по двох зонах: літній (сезон без опалення, електроспоживання слабо залежить від температури зовнішнього повітря), зимовий (опалювальний сезон, зв'язок між температурою та енергоспоживанням істотний та може бути описаний досить простими лінійними моделями). В проведеному дослідженні були проаналізовані зимовий та літній періоди на протязі 4-х років та визначено, що для обох періодів зв'язок між хмарністю та енергоспоживанням вважається

слабким. Для зимових періодів залежність між температурою та енергоспоживанням вища ніж в літні періоди.

На рівні підприємств повинен здійснюватися моніторинг метеорологічної інформації. Облік сукупності метеорологічних факторів дозволить істотно підвищити точність прогнозів режимних

параметрів та відповідно, підвищити ефективність планування та управління режимами, що безпосередньо впливає на економічну рентабельність енергосистеми. Необхідність розвитку системи обліку та контролю чинників, що впливають на енергоспоживання – перспективне завдання металургійної галузі.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Політов О. А., Воронов І. В. Визначення параметрів, що впливають на електроспоживання промислового підприємства за допомогою методу експертних оцінок. *Вісник ХНТУ*. 2009. № 5. С. 61–64.
2. Belt C. K. *Energy Management for the Metals Industry*. CRC Press, NewYork. 2017. doi:10.1201/9781315156392.
3. Ковалішин, А. О. Аналіз місячних графіків електричного навантаження при вирішенні задач електропостачання та енергозбереження: магістерська дис.: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Київ, 2020. 147 с.
4. Шараєвський Ф. Ю. Модель і процедури короткострокового прогнозування електроспоживання в оптовому ринку електричної енергії. *Системні дослідження та комплексні проблеми енергетики*. 2007, с. 36–40.
5. Белопольська Т. В. Стратегічне управління підприємствами реального сектору економіки: механізми, методи, моделі [Текст]: монографія/ Т. В. Белопольська та ін. Донецьк: Східний видавничий дім, 2010. 164 с.
6. Дзядикевич Ю. В., Буряк М. В. Енергетичний менеджмент. Тернопіль: Економічна думка, 2010. 295 с.
7. Юськів О. І. Урахування метеофакторів в моделі прогнозування енергоспоживання металургійного підприємства. Інформаційні технології: теорія і практика: тези доповідей 4-тої Всеукраїнської інтернет-конференція здобувачів вищої освіти і молодих учених (Дніпро-Запоріжжя-Харків), 17–19 березня 2021 р., с. 123–126.
8. Martin N., Worrell E., Ruth M., Price L., Elliott R.N., Shipley A.M., Thorne J. «Emerging Energy-Efficient Industrial Technologies: New York State Edition». 2001. <http://www.aceee.org/pubs/ie012.htm>.
9. Weather info. URL: https://mart-2019.meteogu.ru/ukr/zaporozhskaya_oblast/zaporizhzhya/?_gl=1*ixpnft*_ga*NTUwMjc2MzI0LjE3MDIwMzIxNzU._ga_VJZ1YWFJDB*MTcwMjAzMjE3NC4xLjEuMTcwMjAzMjI2Ni4wLjAuMA.
10. Dniprospecstal info. «Дніпроспецсталь» у січні-вересні зберегла показники минулого року. URL: <https://gmk.center/ua/news/dniprospecstal-u-sichni-veresni-zberegla-pokazniki-minulogo-roku/>.
11. Gretl info. URL: <https://gretl.sourceforge.net/ru.html>.
12. Using Gretl for Principles of Econometrics, 3rd Edition Version 1.01 Lee C. Adkins Professor of Economics Oklahoma State University.

REFERENCES:

1. Politov, O. A. & Voronov, I. V. (2009). Vyznachennia parametriv, shcho vplyvaiut na elektrospozhyvannia promyslovoho pidpriemstva za dopomohoiu metodu ekspertnykh otsinok [Determining the parameters affecting the electricity consumption of an industrial enterprise using the method of expert]. *Visnyk KhNTU*, 5, 61–64 [in Ukrainian].
2. Belt, C. K. (2017). *Energy Management for the Metals Industry*. (CRC Press, NewYork). doi:10.1201/9781315156392.
3. Kovalishin, A. O. (2020). Analiz misiachnykh hrafikiv elektrychnoho navantazhennia pry vyrishenni zadach elektropostachannia ta enerhozberezhennia [Analysis of monthly schedules of electric load when solving problems of electricity supply and energy saving]. Kyiv [in Ukrainian].
4. Sharayevsky, F. Yu. (2007). Model i protsedury korotkostrokovoho prohnozuvannia elektrospozhyvannia v optovomu rynku elektrychnoi enerhii [Model and procedures for short-term forecasting of electricity consumption in the wholesale electricity market]. *System studies and complex energy problems*, 36–40 [in Ukrainian].
5. Belopolska, T. V. (2010). *Stratehichne upravlinnia pidpriemstvamy realnoho sektoru ekonomiky: mekhanizmy, metody, modeli* [Strategic management of enterprises of the real sector of the economy: mechanisms, methods, models]. Donetsk: Eastern Publishing House [in Ukrainian].

6. Dzyadykevich, Yu. V. & Buryak, M. V. (2010). Enerhetychnyi menedzhment [Energy management]. Ternopil: Economic Opinion [in Ukrainian].
7. Yuskiv, O. I. (2021). Urakhuvannia meteofaktoriv v modeli prohnozuvannia enerhospozhyvannia metalurhiinoho pidpriemstva [Taking weather factors into account in the forecasting model of energy consumption of a metallurgical enterprise]. *Informatsiini tekhnolohii: teoriia i praktyka: tezy dopovidei 4-toi Vseukrainskoi internet-konferentsiia здобувачив вищої освіти і молодих учених (Dnipro-Zaporizhzhia-Kharkiv) – Information technologies: theory and practice: abstracts of reports of the 4th All-Ukrainian Internet Conference of Higher Education Applicants and Young Scientists (Dnipro-Zaporizhzhia-Kharkiv)*, 123–126 [in Ukrainian].
8. Martin, N., Worrell, E., Ruth, M., Price, L., Elliott, R. N., Shipley, A. M. & Thorne. J. (2001). «Emerging Energy-Efficient Industrial Technologies: New York State Edition». <http://www.aceee.org/pubs/ie012.htm>.
9. Weather info. Retrieved from https://mart-2019.meteogu.ru/ukr/zaporozhskaya_oblast/zaporizhzhya/?_gl=1*ixpnft*_ga*NTUwMjc2MzI0LjE3MDIwMzIxNzU._ga_VJZ1YWFJDB*MTcwMjAzMjE3NC4xLjEuMTcwMjAzMjI2Ni4wLjAuMA.
10. Dniprospecstal info. «Dniprospecstal» in January-September kept the indicators of last year. Retrieved from <https://gmk.center/ua/news/dniprospecstal-u-sichni-veresni-zberegla-pokazniki-minulogo-roku/>.
11. Gretl info. Retrieved from <https://gretl.sourceforge.net/ru.html>.
12. Using Gretl for Principles of Econometrics, 3rd Edition Version 1.01 Lee C. Adkins Professor of Economics Oklahoma State University.