

О.М. ГРЕЧКО, І.Д. ЗАХАРОВ

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ КУХОННИХ ЕЛЕКТРОПОБУТОВИХ ПРИЛАДІВ ДЛЯ КИП'ЯТІННЯ ВОДИ

Вступ. Стале зростання кількості потужної електротехніки та пристроїв у домогосподарствах призводить до збільшення споживання електричної енергії, суттєво впливає на економічні витрати споживачів та погіршення екологічної ситуації у навколишньому середовищі. **Проблема.** Вартість тарифу електричної енергії для населення має тенденцію щодо неухильного зростання, що робить питання енергоефективності особливо актуальним для споживачів. Використання у побуті енергоефективних технологій дозволяє зменшити витрати на електроенергію та підвищити економічну ефективність домогосподарств. Енергоефективність електропобутових приладів є актуальною проблемою для забезпечення стабільного енергопостачання в умовах зростаючого споживання електрики. **Мета.** Аналітичне дослідження особливостей роботи кухонних електропобутових приладів для кип'ятіння води та експериментальне дослідження їх енергоефективності. **Методика.** За допомогою експериментальних досліджень проаналізована енергоефективність найбільш розповсюджених кухонних електропобутових приладів для кип'ятіння води. **Результати.** З точки зору енергоефективності серед досліджуваних електроприладів найкращим виявився проточний термопот, потім електричний чайник і традиційний термопот. **Практична цінність.** Застосування енергоефективних технологій у сучасних електропобутових приладах є важливою задачею, особливо в зимовий період та в умовах дефіциту електричної потужності під час військової агресії з боку РФ й масштабних руйнувань критичної інфраструктури і об'єктів електроенергетики в нашій державі. Подальші дослідження сприятимуть зменшенню енергоспоживання і підвищенню енергоефективності електропобутових приладів.

Ключові слова: енергоефективність, електропобутова техніка, зменшення споживання електричної енергії, принципи енергоефективності, розумний будинок, експериментальні дослідження.

О.М. GRECHKO, I.D. ZAKHAROV

EXPERIMENTAL STUDY OF ENERGY EFFICIENCY OF KITCHEN ELECTRICAL APPLIANCES FOR BOILING WATER

Introduction. Steady growth in the number of powerful electrical appliances and devices in households leads to an increase in electricity consumption. It significantly affects the economic costs of consumers and the deterioration of the ecological situation in the environment. **Problem.** The cost of electricity tariffs for the population tends to be relatively steadily increasing, which makes the issue of energy efficiency particularly relevant for consumers. The use of energy-efficient technologies in everyday life allows reducing electricity costs and increasing the economic efficiency of households. Energy efficiency of household electrical appliances is a pressing issue for ensuring a stable energy supply in the context of growing electricity consumption. **Goal.** An analytical study of the operating features of kitchen electrical appliances for boiling water and an experimental study of their energy efficiency. **Methodology.** The energy efficiency of the most common kitchen electrical appliances for boiling water was analyzed through experimental studies. **Results.** In terms of energy efficiency, the flow-through thermopot turned out to be the best among the studied electrical appliances, followed by an electric kettle and a traditional thermopot. **Practical value.** The use of energy-efficient technologies in modern household appliances is an important task, especially in winter and in conditions of shortage of electric power during military aggression from Russia and large-scale destruction of critical infrastructure and power facilities in our country. Further research will help reduce energy consumption and increase the energy efficiency of household appliances.

Keywords: energy efficiency, electrical appliances, reducing electricity consumption, principles of energy efficiency, smart home, experimental research.

Вступ. Обґрунтування актуальності напрямку дослідження. Енергоспоживання електропобутових приладів є однією з ключових проблем сучасного суспільства. Стале зростання кількості потужної електротехніки та пристроїв у домогосподарствах призводить до збільшення споживання електроенергії, що, в свою чергу, суттєво впливає на економічні витрати споживачів та погіршення екологічної ситуації у навколишньому середовищі. Вартість тарифу електричної енергії для населення має тенденцію щодо неухильного зростання, що робить питання енергоефективності особливо актуальним для споживачів. Використання у побуті енергоефективних технологій дозволяє суттєво зменшити витрати на електроенергію та підвищити економічну ефективність домогосподарств [1]. Енергоефективність електропобутових приладів є важливою нагальною задачею для забезпечення стабільного енергопостачання в умовах зростаючого споживання електрики, що обумовлює актуальність даного дослідження.

Метою даної роботи є аналітичне дослідження особливостей роботи кухонних електропобутових приладів для кип'ятіння води та експериментальне дослідження їх енергоефективності.

Енергоефективність електропобутових приладів є важливим критерієм, який впливає на остаточний вибір споживачів при купівлі приладу. Вона визначається кількістю електроенергії, яку пристрій споживає для виконання своїх функцій. Актуальним напрямком досліджень є вивчення питань стосовно застосування сучасних технологій та методів керування енергоефективністю в електропобутових приладах [2] з метою зниження споживання електроенергії та підвищення обізнаності населення про важливість енергоефективності.

До основних сучасних методів та принципів енергоефективного керування [1, 2] можна віднести:

1. **Інтернет речей (IoT, Internet of Things).** Підключення електропобутових приладів до мережі Інтернет для дистанційного керування і моніторингу з метою оптимізації енергоспоживання [3, 4].

2. **Розумні розетки і вимикачі.** Застосування дистанційного керування електропобутовими приладами через спеціальні мобільні додатки або голосові команди з метою зменшення енергоспоживання та підвищення енергоефективності [5, 6].

3. **Енергоефективні двигуни та компресори.** Використання електропобутової техніки із сучасними

© О.М. Гречко, І.Д. Захаров, 2024

інверторними технологіями задля регулювання швидкості обертання двигунів залежно від поточних потреб споживача [7, 8].

До сучасних технологій в енергоефективному керуванні можна віднести:

1. **Світлодіодне освітлення.** Використання економних світлодіодних ламп, які споживають значно менше електроенергії та мають збільшений термін експлуатації.

2. **Розумні системи керування електроенергією.** Відстеження та аналіз споживання електроенергії в реальному часі з метою оптимізації використання електроприладів [9].

3. **Технології зберігання енергії.** Використання систем накопичення енергії задля зберігання надлишкової електроенергії, яка була вироблена за допомогою відновлюваних джерел [10].

Основна частина. Останнім часом все частіше поруч із традиційними електричними чайниками використовуються інші прилади для підігріву та кип'ятіння води – так звані термопоти, які можна розділити на *традиційні* (в них нагрів всього об'єму води відбувається за допомогою відкритих або ж закритих нагрівальних елементів відносно невеликої потужності, що виготовляються у вигляді спіралі, диску або стрічки) та *проточні* (в них нагрів тільки необхідного в даний момент об'єму води відбувається за рахунок спірального нагрівального елемента великої потужності (рис. 1)). Кожен прилад володіє рядом своїх як перевага, так і недоліків.

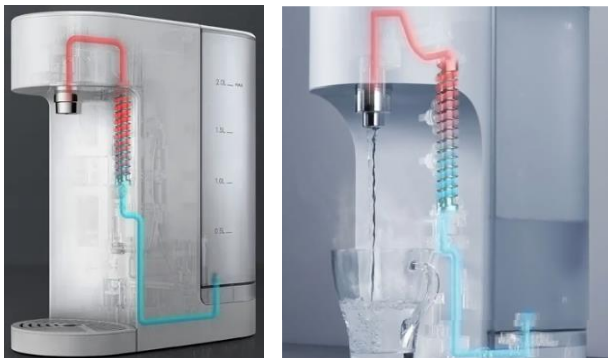


Рис. 1. Принцип нагріву води проточним термопотом

Результати досліджень. З метою визначення енергоефективності кухонних електропобутових приладів для кип'ятіння води були проведені дослідження щодо споживання ними електричної енергії.

У дослідженні використовувались електропобутові прилади, які зображені на рис. 2 [11–13].

Для вимірювання спожитої різними електропобутовими приладами електроенергії в роботі використовувалась розумна Wi-Fi розетка-енергометр Atorch [14] (рис. 3) із встановленим на смартфон мобільним додатком TuYa.

В табл. 1 наведені результати експериментальних досліджень щодо споживання електроенергії різними кухонними електропобутовими приладами для кип'ятіння води. Дослідження проводились протягом 24 годин у вихідний день в родині, яка складалась з трьох дорослих людей та двох дітей шкільного віку.



а – проточний термопот Viomi Smart Water Heater;
б – електрочайник Xiaomi Electric Glass Kettle;
в – термопот Saturn ST-EK0035

Рис. 2. Електропобутові прилади, що досліджувались



Рис. 3. Розумна Wi-Fi розетка-енергометр Atorch [14]

Таблиця 1 – Результати вимірювання споживання електроенергії різними кухонними електропобутовими приладами для кип'ятіння води

Пристрій	кВт/год	Вартість, грн*
Проточний термопот Viomi Smart Water Heater (2000 Вт)	0,75	3,24
Електрочайник Xiaomi Electric Glass Kettle (2200 Вт)	1,52	6,57
Термопот Saturn ST-EK0035 (750 Вт)	2,61	11,28

*Тариф 4,32 грн за 1 кВт/год, протягом 24 год.

Висновки. Застосування енергоефективних технологій у сучасних електропобутових приладах є важливим кроком до сталого розвитку та покращення ситуації із енергоспоживанням, особливо в зимовий період та в умовах дефіциту електричної потужності під час військової агресії з боку РФ й масштабних руйнувань критичної інфраструктури і об'єктів електроенергетики в нашій державі. Подальші дослідження в цій галузі сприятимуть зменшенню енергоспоживання і підвищенню енергоефективності електропобутових приладів.

З точки зору енергоефективності серед досліджуваних електроприладів найкращим виявився проточний термопот, навіть незважаючи на його більш велику потужність. Це можна пояснити тим, що в цьому приладі нагрів води відбувається майже миттєво, і вже через декілька секунд споживач отримує кип'яток тільки

необхідного саме зараз об'єму без необхідності постійного багаторазового нагрівання всього об'єму води у приладі.

Список літератури

1. Diyan M., Silva B.N., Han K. A Multi-Objective Approach for Optimal Energy Management in Smart Home Using the Reinforcement Learning. *Sensors*, 2020, vol. 20, no. 12, art. no. 3450. doi: <https://doi.org/10.3390/s20123450>.
2. Pau G., Collotta M., Ruano A., Qin J. Smart Home Energy Management. *Energies*, 2017, vol. 10, no. 3, art. no. 382. doi: <https://doi.org/10.3390/en10030382>.
3. Sivanathan A., Sherratt D., Gharakheili H.H., Sivaraman V., Vishwanath A. Low-cost flow-based security solutions for smart-home IoT devices. *2016 IEEE International Conference on Advanced Networks and Telecommunications Systems (ANTS)*, 2016, pp. 1-6. doi: <https://doi.org/10.1109/ANTS.2016.7947781>.
4. Sivanathan A., Gharakheili H.H., Loi F., Radford A., Wijenayake C., Vishwanath A., Sivaraman V. Classifying IoT Devices in Smart Environments Using Network Traffic Characteristics. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 2019, vol. 18, no. 8, pp. 1745-1759. doi: <https://doi.org/10.1109/TMC.2018.2866249>.
5. Макеєв С.О., Вировець С.В. Сучасна апаратура та обладнання систем «розумний будинок». *Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Проблеми удосконалювання електричних машин і апаратів. Теорія і практика*, 2020, № 4 (2), С. 16-20. doi: <https://doi.org/10.20998/2079-3944.2020.2.03>.
6. Сідак В., Пантелейт М. «Розумні» електричні апарати для побутового щитка з дистанційним керуванням: огляд ринку, напрямки подальшого вдосконалення та досліджень. *Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Проблеми удосконалювання електричних машин і апаратів. Теорія і практика*, 2022, № 1 (7), С. 25-27. doi: <https://doi.org/10.20998/2079-3944.2022.1.05>.
7. Tanaka T. Environment friendly revolution in home appliances. *Proceedings of the 13th International Symposium on Power Semiconductor Devices & ICs. IPSD '01*, 2001, pp. 91-95. doi: <https://doi.org/10.1109/ISPSD.2001.934565>.
8. Ashutosh Mall. *Inverter technology in appliances and its benefit to consumers*. Режим доступу: <https://www.linkedin.com/pulse/inverter-technology-appliances-its-benefit-consumers-ashutosh-mall> (Дата звернення: 02.08.2024).
9. El-hawary M.E. The Smart Grid – State-of-the-art and Future Trends. *Electric Power Components and Systems*, 2014, vol. 42, no. 3–4, pp. 239-250. doi: <https://doi.org/10.1080/15325008.2013.868558>.
10. Elalfy D.A., Gouda E., Kotb M.F., Bureš V., Sedhom B.E. Comprehensive review of energy storage systems technologies, objectives, challenges, and future trends. *Energy Strategy Reviews*, 2024, vol. 54, art. no. 101482. doi: <https://doi.org/10.1016/j.esr.2024.101482>.
11. *Термопот Xiaomi Viomi Smart Water Heater*. Режим доступу: <https://miot.ua/termopot-viomi-smart-water-heater/p18449/> (Дата звернення: 02.08.2024).
12. *Xiaomi Electric Glass Kettle*. Режим доступу: <https://www.mi.com/global/product/xiaomi-electric-glass-kettle/> (Дата звернення: 02.08.2024).
13. *Термопот Сатурн ST-EK0035*. Режим доступу: <https://saturn.ua/uk/termopot-saturn-st-ek0035-1293> (Дата звернення: 02.08.2024).
14. *Смарт-розетка Atorch S1-WiFi термостат, Лічильник електроенергії AC 265V 10 A Ватметр*. Режим доступу: <https://gerbest.com.ua/smart-rozetka-atorch-s1-wifi-termostat>

schetchik-elektroenergii-ac-265v-10a-vattmetr (Дата звернення: 02.08.2024).

References (transliterated)

1. Diyan M., Silva B.N., Han K. A Multi-Objective Approach for Optimal Energy Management in Smart Home Using the Reinforcement Learning. *Sensors*, 2020, vol. 20, no. 12, art. no. 3450. doi: <https://doi.org/10.3390/s20123450>.
2. Pau G., Collotta M., Ruano A., Qin J. Smart Home Energy Management. *Energies*, 2017, vol. 10, no. 3, art. no. 382. doi: <https://doi.org/10.3390/en10030382>.
3. Sivanathan A., Sherratt D., Gharakheili H.H., Sivaraman V., Vishwanath A. Low-cost flow-based security solutions for smart-home IoT devices. *2016 IEEE International Conference on Advanced Networks and Telecommunications Systems (ANTS)*, 2016, pp. 1-6. doi: <https://doi.org/10.1109/ANTS.2016.7947781>.
4. Sivanathan A., Gharakheili H.H., Loi F., Radford A., Wijenayake C., Vishwanath A., Sivaraman V. Classifying IoT Devices in Smart Environments Using Network Traffic Characteristics. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 2019, vol. 18, no. 8, pp. 1745-1759. doi: <https://doi.org/10.1109/TMC.2018.2866249>.
5. Makieiev S., Virovets S. Modern apparatus and equipment of the “smart house” systems. *Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Problems of Electrical Machines and Apparatus Perfection. The Theory and Practice*, 2020, no. 4 (2), pp. 16-20. doi: <https://doi.org/10.20998/2079-3944.2020.2.03>.
6. Sidak V., Panteliat M. “Smart” electric devices for household switch box with remote control: market overview, directions for further improvement and research. *Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Problems of Electrical Machines and Apparatus Perfection. The Theory and Practice*, 2022, no. 1 (7), pp. 25-27. doi: <https://doi.org/10.20998/2079-3944.2022.1.05>.
7. Tanaka T. Environment friendly revolution in home appliances. *Proceedings of the 13th International Symposium on Power Semiconductor Devices & ICs. IPSD '01*, 2001, pp. 91-95. doi: <https://doi.org/10.1109/ISPSD.2001.934565>.
8. Ashutosh Mall. *Inverter technology in appliances and its benefit to consumers*. Available at: <https://www.linkedin.com/pulse/inverter-technology-appliances-its-benefit-consumers-ashutosh-mall> (Accessed 02 August 2024).
9. El-hawary M.E. The Smart Grid – State-of-the-art and Future Trends. *Electric Power Components and Systems*, 2014, vol. 42, no. 3–4, pp. 239-250. doi: <https://doi.org/10.1080/15325008.2013.868558>.
10. Elalfy D.A., Gouda E., Kotb M.F., Bureš V., Sedhom B.E. Comprehensive review of energy storage systems technologies, objectives, challenges, and future trends. *Energy Strategy Reviews*, 2024, vol. 54, art. no. 101482. doi: <https://doi.org/10.1016/j.esr.2024.101482>.
11. *Thermopot Xiaomi Viomi Smart Water Heater*. Available at: <https://miot.ua/termopot-viomi-smart-water-heater/p18449/> (Accessed 02 August 2024).
12. *Xiaomi Electric Glass Kettle*. Available at: <https://www.mi.com/global/product/xiaomi-electric-glass-kettle/> (Accessed 02 August 2024).
13. *Thermopot Saturn ST-EK0035*. Available at: <https://saturn.ua/uk/termopot-saturn-st-ek0035-1293> (Accessed 02 August 2024).
14. *Smart outlet Atorch S1-WiFi thermostat, electricity meter AC 265V 10A Wattmeter*. Available at: <https://gerbest.com.ua/smart-rozetka-atorch-s1-wifi-termostat-schetchik-elektroenergii-ac-265v-10a-vattmetr> (Accessed 02 August 2024).

Надійшла (received) 12.10.2024

Відомості про авторів / About the authors

Гречко Олександр Михайлович (Grechko Oleksandr) – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри електричних апаратів; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7872-8585>; e-mail: a.m.grechko@gmail.com

Захаров Ілля Дмитрович (Zakharov Illia) – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», магістрант кафедри електричних апаратів, м. Харків, Україна; e-mail: illia.zakharov@ieec.khpi.edu.ua