

О. М. ГРЕЧКО, Д. О. ШВАДРОНОВ

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПОБУТОВОГО ХОЛОДИЛЬНИКА

Вступ. Сучасні моделі холодильників оснащені інтелектуальними технологіями, датчиками та здатні дистанційно контролювати температуру і вологість. Техніка стала максимально енергозощаджуваною і безпечною з точки зору впливу на навколишнє середовище завдяки забороні певних фреонів, що шкодять озоновому шару. Але більшості випадків вітчизняний споживач орієнтується на надійність, практичність, вартість холодильника і на рівень його енергоспоживання. **Проблема.** Вартість тарифу електроенергії для населення і надалі матиме тенденцію до зростання, що робить питання енергоефективності актуальним для споживачів. Застосування енергоощадних технологій, і не тільки в електропобутових приладах, є актуальним напрямком розвитку сучасного суспільства. **Мета.** Експериментальне дослідження енергоспоживання побутового холодильника Liebherr KT 15340 із застосуванням сучасного Smart вимикача Atorch GR2PWS. **Методика.** За допомогою спостережень і експериментальних досліджень, що тривали 30 днів, проведено вимірювання електричної енергії, спожитої холодильником Liebherr KT 15340 за допомогою Smart вимикача Atorch GR2PW. **Результати.** За місяць спостережень холодильник Liebherr KT 15340 спожив 14,1515 кВт·год електроенергії, що в середньому за 1 день складає 0,4717 кВт·год, тобто за 1 день в середньому витрати складають 2,0378 грн, разом за місяць 61,13 грн. За рік це становитиме близько 172,17 кВт·год за рік, що добре узгоджується із даними виробника (230 кВт·год за рік). **Практична цінність.** Застосування сучасних енергоефективних технологій у побутових приладах є актуальною задачею в час, коли спостерігається дефіцит електричної потужності в нашій державі.

Ключові слова: енергоспоживання, енергоефективність, електропобутова техніка, холодильник, вимірювання споживання електричної енергії, розумний будинок, Smart вимикач, експериментальні дослідження.

О. М. GRECHKO, D. O. SHVADRONOV

EXPERIMENTAL STUDY OF ENERGY CONSUMPTION OF A DOMESTIC REFRIGERATOR

Introduction. Modern models of refrigerators are equipped with intelligent technologies, sensors and are able to remotely control temperature and humidity. The equipment has become as energy-saving and safe in terms of environmental impact due to the ban on certain freons that damage the ozone layer. But in most cases, the domestic consumer is guided by the reliability, practicality, cost of the refrigerator and the level of its energy consumption. **Problem.** The cost of electricity tariffs for the population will continue to trend upward, which makes the issue of energy efficiency relevant for consumers. The use of energy-saving technologies, and not only in household appliances, is a relevant direction in the development of modern society. **Goal.** Experimental study of energy consumption of a household refrigerator Liebherr KT 15340 using a modern smart switch Atorch GR2PWS. **Methodology.** Through observations and experimental studies lasting 30 days, measurements of the electrical energy consumed by the Liebherr KT 15340 refrigerator using the Atorch GR2PW Smart switch were carried out. **Results.** During the month of observations, the Liebherr KT 15340 refrigerator consumed 14.1515 kWh of electricity, which on average per day is 0.4717 kWh, i.e. on average per day the costs are 2.0378 UAH, total per month 61.13 UAH. Over the year this will be about 172.17 kWh per year, which is in good agreement with the manufacturer's data (230 kWh per year). **Practical value.** The use of modern energy-efficient technologies in household appliances is a pressing task at a time when there is a shortage of electrical power in our country.

Keywords: energy consumption, energy efficiency, electrical appliances, refrigerator, measurement of electrical energy consumption, smart home, smart switch, experimental research.

Вступ. Обґрунтування актуальності напрямку дослідження. Сьогоднішні моделі холодильників оснащені сучасними інтелектуальними технологіями, датчиками та відеокамерами, які дозволяють не тільки контролювати температуру і вологість окремих відділень та дверей холодильника, а й навіть моніторити запас продуктів, слідкувати за їх терміном придатності та сповіщати Вас повідомленням про появу небезпечних бактерій на зіпсованих продуктах [1, 2]. Холодильники стали максимально енергозощаджуваними [3–6] і безпечними як при експлуатації, так і з точки зору впливу на навколишнє середовище завдяки забороні певних фреонів, що шкодять озоновому шару.

Але поки що в більшості випадків вітчизняний споживач все ж таки перш за все орієнтується не на наявність широких функціональних можливостей і розумних рішень, а на надійність, практичність, вартість холодильника і на рівень його енергоспоживання [7].

Вартість тарифу електроенергії для населення і надалі буде мати тенденцію до зростання, що робить питання енергоефективності актуальним для пересічних споживачів. Застосування енергоощадних технологій, і не тільки в електропобутових приладах, є актуальним напрямком розвитку сучасного суспільства [3].

Метою даної роботи є експериментальне дослідження енергоспоживання побутового холодильника.

Основна частина. У статті проведено експериментальне дослідження енергоспоживання побутового однокамерного малогабаритного холодильника із морозильним відділенням марки Liebherr KT 15340 із застосуванням сучасного Smart вимикача Atorch GR2PWS [8], що є в наявності на кафедрі «Електричні апарати» НТУ «ХПІ». Зовнішній вигляд досліджуваного холодильника Liebherr KT 15340 показано на рис. 1. Характеристики холодильника наведені на інформаційній табличці (рис. 2) та в табл. 1.



Рис. 1. Зовнішній вигляд досліджуваного холодильника Liebherr KT 15340

© О. М. Гречко, Д. О. Швадронов, 2025

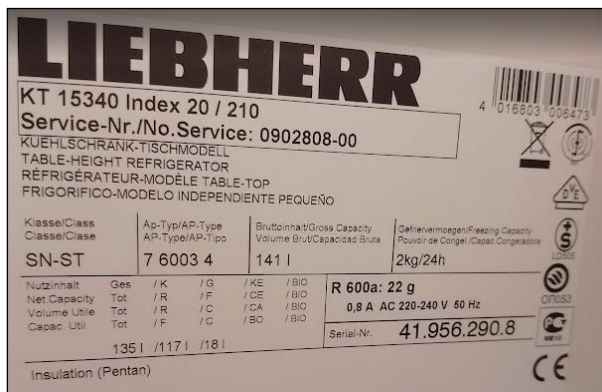


Рис. 2. Фото інформаційної таблички, що розміщена всередині холодильника Liebherr KT 15340

Таблиця 1 – Характеристики холодильника Liebherr KT 15340

Параметр	Значення
Габаритні розміри, см:	
- висота	85
- ширина	55
- глибина	62,3
Напруга живлення, В	220–240
Частота живлення, Гц	50
Кількість компресорів, шт	1
Струм компресора в сталому режимі, А	0,8
Вага, кг	40
Загальний об'єм, л	135
Об'єм холодильного відділення, л	117
Об'єм морозильного відділення, л	18
Розташування морозильного відділення	вгорі
Метод розморожування	крапельний
Клас енергоспоживання	A
Споживання енергії за рік, кВт·год	230
Кліматичні класи	SN-ST
Тип холодоагенту	R600a
Кількість холодоагенту, г	22
Тип ізоляції холодильника	пентан

З метою визначення енергоспоживання холодильника Liebherr KT 15340 за допомогою Smart вимикача Atorch GR2PWS були проведені такі експериментальні досліді:

1) вимірювання електричних параметрів холодильника;

2) вимірювання енергоспоживання холодильника протягом 1 місяця.

Smart автоматичний вимикач з Wi-Fi модель Atorch GR2PWS (рис. 3) являє собою інтелектуальний пристрій, що поєднує в собі одночасно функції кількох вимірювальних приладів та електричних апаратів:

– розумний автоматичний вимикач із кольоровим 1.33-дюймовим LCD-екраном, із монтажем на DIN рейку;

– вольтметр у діапазоні 0–320 В із функцією реле напруги із захистом від коливань напруги;

– амперметр у діапазоні 0–100 А із захистом від перевищення споживаного струму;

– ватметр у діапазоні 0–32 кВт із захистом від перевищення споживаної потужності;

– Power Factor-метр (вимірювання коефіцієнту потужності);

– лічильник електричної енергії.



Рис. 3. Smart автоматичний вимикач з Wi-Fi (модель Atorch GR2PWS)

Керування та налаштування відбувається через Wi-Fi мережу, наприклад, за допомогою додатку TuYa. Для підключеного обладнання, що захищається, пристрій має вбудовані захисти від низької та високої напруги, перевищення споживаного струму та потужності. Всі ці параметри можна налаштувати як безпосередньо на самому пристрої за допомогою кнопок, так і дистанційно через телефон і додаток [9, 10].

Завдяки LCD екрану та можливості відображення параметрів одночасно в реальному часі, можна легко контролювати і керувати роботою пристроєм. Прилад також підтримує інтеграцію з популярними системами розумного будинку: TuYa, Amazon Alexa, Google Assistant. Також є можливість побудови кривих струму і напруги в реальному часі (рис. 4).

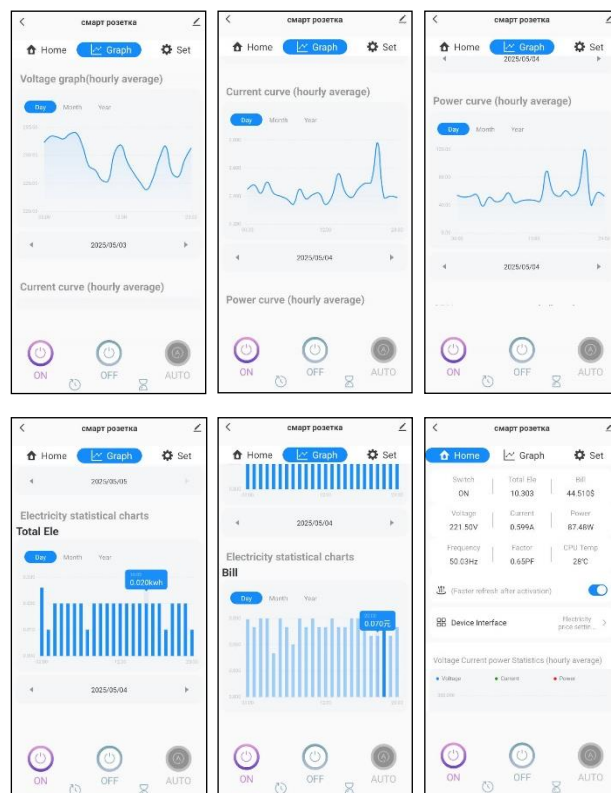


Рис. 4. Приклади меню програми для смартфона TUYA для керування і моніторингу Smart вимикача Atorch GR2PWS

Вимірювання електричних параметрів холодильника. Всі дослідження проводились при положенні терморегулятора на позначці *1.5*, що відповідає низькому рівню охолодження.

За допомогою Smart вимикача Atorch GR2PWS були виміряні струм, активна та повна споживана потужність холодильника, а також коефіцієнт потужності.

Приклади результатів вимірювання електричних параметрів холодильника за допомогою Smart вимикача Atorch GR2PWS показані на рис. 5,а.



Рис. 5. Приклади вимірювання електричних параметрів холодильника та побудови графіків струму і напруги

З рис. 5,б добре видно момент пуску компресора холодильника із характерним стрибком струму до значення $\approx 4,8$ А, що є більш ніж 8-кратним по відношенню до струму у сталому режимі ($\approx 0,58$ А на рис. 5,в). На рис. 5,г показано момент вимикання компресора.

Згідно з даними виробника холодильника Liebherr KT 15340, що вказані на табличці (див. рис. 2), струм компресора заявлено на рівні 0,8 А. В середньому при вимірюванні електричних параметрів холодильника були отримані наступні значення:

- струм компресора холодильника $\approx 0,58$ А;
- активна потужність – ≈ 80 Вт;
- повна потужність – ≈ 130 ВА;
- коефіцієнт потужності – $0,6 - 0,65$.

Вимірювання енергоспоживання холодильника. Протягом 30 днів в період з 3 лютого по 4 березня 2025 року включно було проведено вимірювання електричної енергії, спожитої холодильником Liebherr KT 15340 за допомогою Smart вимикача Atorch GR2PWS. Результати вимірювання наведені у табл. 2.

Таблиця 2 – Результати вимірювання енергоспоживання холодильника Liebherr KT 15340 за допомогою Smart вимикача Atorch GR2PWS

День	Показники лічильника, кВт·год	Спожита електроенергія за день, кВт·год	Вартість електроенергії, спожитої за день, грн	Вартість спожитої електроенергії з початку вимірювань, грн
03.02	0,33133	0,33133	1,4313	1,4313
04.02	0,86881	0,53748	2,3219	3,7532
05.02	1,38485	0,51604	2,2292	5,9823
06.02	1,87921	0,4944	2,1356	8,1179
07.02	2,34687	0,4677	2,0203	10,1382
08.02	2,80825	0,4614	1,9932	12,1314
09.02	3,28241	0,4742	2,0484	14,1798
10.02	3,67378	0,3914	1,6907	15,8705
11.02	4,12360	0,4498	1,9432	17,8137
12.02	4,55908	0,4355	1,8813	19,6950
13.02	4,98420	0,4251	1,8365	21,5315
14.02	5,44123	0,4570	1,9744	23,5059
15.02	5,93173	0,4905	2,1190	25,6248
16.02	6,335420	0,4037	1,7439	27,3688
17.02	6,82714	0,4917	2,1242	29,4930
18.02	7,33176	0,5046	2,1800	31,6730
19.02	7,84410	0,5123	2,2133	33,8863
20.02	8,36574	0,5216	2,2535	36,1397
21.02	8,83732	0,4716	2,0372	38,1770
22.02	9,30342	0,4661	2,0136	40,1905
23.02	9,80639	0,5030	2,1728	42,3634
24.02	10,2509	0,4445	1,9203	44,2836
25.02	10,7332	0,4823	2,0835	46,3672
26.02	11,2014	0,4682	2,0226	48,3898
27.02	11,7152	0,5138	2,2196	50,6094
28.02	12,1910	0,4758	2,0555	52,6649
01.03	12,7122	0,5212	2,2516	54,9165
02.03	13,1580	0,4458	1,9259	56,8423
03.03	13,6599	0,5019	2,1682	59,0105
04.03	14,1515	0,4916	2,1237	61,1342

*Вартість 1 кВт·год для населення складає 4,32 грн.

**Заливкою показані суботні і недільні дні

Висновки. За місяць спостережень холодильник Liebherr KT 15340 спожив 14,1515 кВт·год електроенергії, що в середньому за 1 день складає 0,4717 кВт·год, тобто за 1 день в середньому витрати складають 2,0378 грн, разом за місяць 61,13 грн.

Якщо порівняти отримані значення спожитої електроенергії за рік ($0,4717 \text{ кВт·год} \cdot 365 = 172,17 \text{ кВт·год}$ за рік) із заявленими даними виробника – 230 кВт·год (табл. 1), то можна побачити, що вони добре погоджуються.

Список літератури

1. Ramesh Chandra Arora. *Refrigeration and Air Conditioning*. PHI Learning Private Limited, 2010. 1104 p.
2. Krotova T. F., Yin J. Study of Modern Trends in Innovative Design of Household Appliances. *Art and Design*, 2023, no. 1, pp. 74–82. doi: <https://doi.org/10.30857/2617-0272.2023.1.7>.
3. 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>.
4. 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>.

5. Ghorbani A., Tabatabaei S. M., Nasiri H., Sajadi B., Jalali A. A novel CFD framework for frost-free domestic refrigerators using fan performance curve and radiator model. *Results in Engineering*, 2025, no. 25, art. no. 103947. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.103947>.
6. Borikar S.A., Gupta M.M., Alazwari M.A., Malwe P.D., Moustafa E.B., Panchal H., Elsheikh A. A case study on experimental and statistical analysis of energy consumption of domestic refrigerator. *Case Studies in Thermal Engineering*, 2021, vol. 28, art. no. 101636. doi: <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.101636>.
7. Гречко О., Захаров І. Експериментальне дослідження енергоефективності кухонних електропобутових приладів для кип'ятіння води. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. Теорія і практика*, 2024, № 2 (12), С. 8-10. doi: <https://doi.org/10.20998/2079-3944.2024.2.02>.
8. Atorch GR2P, GR2PW та GR2PWS - інтелектуальний WiFi лічильник електроенергії : веб-сайт. URL: <https://220.km.ua/products/atorch-gr2pws> (дата звернення: 05.05.2025).
9. Макеев С.О., Вировець С.В. Сучасна апаратура та обладнання систем «розумний будинок». *Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. Теорія і практика*, 2020, № 4 (2), С. 16-20. doi: <https://doi.org/10.20998/2079-3944.2020.2.03>.
10. Сідак В., Пантеліят М. «Розумні» електричні апарати для побутового щитка з дистанційним керуванням: огляд ринку, напрями подальшого вдосконалення та досліджень. *Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. Теорія і практика*, 2022, № 1 (7), С. 25-27. doi: <https://doi.org/10.20998/2079-3944.2022.1.05>.
3. 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>.
4. 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>.
5. Ghorbani A., Tabatabaei S. M., Nasiri H., Sajadi B., Jalali A. A novel CFD framework for frost-free domestic refrigerators using fan performance curve and radiator model. *Results in Engineering*, 2025, no. 25, art. no. 103947. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.103947>.
6. Borikar S.A., Gupta M.M., Alazwari M.A., Malwe P.D., Moustafa E.B., Panchal H., Elsheikh A. A case study on experimental and statistical analysis of energy consumption of domestic refrigerator. *Case Studies in Thermal Engineering*, 2021, vol. 28, art. no. 101636. doi: <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.101636>.
7. Grechko O., Zakharov I. Experimental study of energy efficiency of kitchen electrical appliances for boiling water. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: Problems of Electrical Machines and Apparatus Perfection. The Theory and Practice*, 2024, no. 2 (12), pp. 8-10. doi: <https://doi.org/10.20998/2079-3944.2024.2.02>.
8. Atorch GR2P, GR2PW and GR2PWS - smart WiFi electricity meter. Available at: <https://220.km.ua/products/atorch-gr2pws> (Accessed 05 May 2025).
9. 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>.
10. 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>.

References (transliterated):

1. Ramesh Chandra Arora. *Refrigeration and Air Conditioning*. PHI Learning Private Limited, 2010. 1104 p.
2. Krotova T. F., Yin J. Study of Modern Trends in Innovative Design of Household Appliances. *Art and Design*, 2023, no. 1, pp. 74–82. doi: <https://doi.org/10.30857/2617-0272.2023.1.7>.

Надійшла (received) 07.05.2025

Відомості про авторів / About the authors

Гречко Олександр Михайлович (Oleksandr Grechko) – 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

Швадронов Дмитро Олександрович (Dmytro Shvadronov) – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», бакалавр кафедри електричних апаратів, м. Харків, Україна; e-mail: dmytro.shvadronov@ieec.khpi.edu.ua