УДК 629.92

К.О. БРАТКОВСЬКА, Ю.Б. ЛІУШ, В.В. КУТИК
Запорізька державна інженерна академія

ВИЗНАЧЕННЯ КЛАСУ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЛІФТОВИХ УСТАНОВОК

Проведено аналіз впливу енергозберігаючих заходів в ліфтовій установці. На прикладі ліфту ЛП-0307БК на клас енергоспоживання.

Ключові слова: ліфтова установка, енергозбереження, клас енергоспоживання, електропривод, споживачі енергії.

K.O. BRATKOVSKA, YU.B. LIUSH, V.V. KUTYK
Zaporizhia State Engineering Academy

CONCERNING THE DEFINITION OF THE CLASS OF ENERGY EFFICIENCY OF ELEVATOR INSTALLATIONS

The work is devoted to the analysis of energy consumption by the elevator installation and determination of the energy efficiency class on its basis. The influence of energy saving measures on the level of energy consumption is estimated. Total energy savings after modernization is 64%, which is almost UAH 6,000 in cash equivalent. However, the further improvement of the class of energy efficiency of the lift installation is impossible, since modern technologies are used only in elevators with lifting capacity of 630 kg and lifting height of 16 floors. The urgent research direction is to determine the priority of implementing various energy saving measures for specific types of lift installations. Conclusions. Energy saving in elevator installations will reduce the cost of maintaining elevator installations, as well as repairs of elevators that have exhausted their service life by upgrading. The introduction of modern technologies into the elevator industry will not only reduce costs, but also make the use of elevators more comfortable and reliable.

Key words: elevator, energy saving, energy consumption class, electric drive, energy consumers.

За статистичними даними в Україні зараз експлуатується 84 тис. ліфтів, з них 49,2 тис. одиниць (58,6% ліфтового парку) вичерпали свій термін служби, який становить 25 років [1]. Впровадження реформ у сфері житлово-комунального господарства (ЖКГ) дозволило мешканцям багатоповерхівок створити власні об’єднання співвласників багатоквартирних будинків (ОСББ), що надає змогу розпоряджатися своїми грошами для проведення ремонтів та модернізації. Тому особливо актуальним є впровадження енергозберігаючих у ліфтовому господарстві, оскільки оплата комунальних послуг виросла в декілька разів, а платежі за утримання ліфтового господарства є однією з суттєвих складових витрат на обслуговування будинку.

Визначення класу енергетичної ефективності будь-якої ліфтової установки ґрунтується на укрупнених розрахунках, які ускладнюються значними розбіжностями статистичних даних про експлуатаційні характеристики ліфта, а саме: кількість пусків за добу, відстань поїздок, завантаженість кабіни та ін. Тому доцільним є дослідити вплив енергозберігаючих заходів на показники енергетичної ефективності ліфтової установки в залежності від вихідних експлуатаційних характеристик.

Більше 50% всієї електроенергії, яка використовується при експлуатації ліфтів, споживає лебідка ліфта (електропривід), тому основна увага при проектуванні сучасних конструкцій ліфтів відводиться поліпшенню енергетичних показників саме лебідок. Традиційні лебідки пасажирських ліфтів, які експлуатуються в Україні з 70-х років минулого століття, мають в своєму складі одно- і двошвидкісні асинхронні електродвигуни та черв'ячні редуктори. Коефіцієнт корисної дії (ККД) такої лебідки невеликий, він становить близько 60% в усталеному русі і не перевищує 12-15% в період розгону [2].

Підвищення класу енергетичної ефективності ліфтової установки може відбуватись впровадженням таких заходів: відключення освітлення шахти в режимі експлуатації та включення освітлення при технічних оглядах, обслуговування та ремонтах – згідно з Правилами будови і безпечної експлуатації ліфтів [3]; заміна ламп розжарювання на світлодіодні лампи в системі освітлення шахти ліфту; заміна ламп розжарювання на світлодіодні лампи в системі освітлення кабіни ліфту; заміна головного електроприводу на новий з більшим ККД; встановлення частотного перетворювача на головний електропривод; заміна старого головного електропривода на новий в парі з частотним перетворювачем; використання систем логістики в керуванні ліфтами; використання інтелектуальних контролерів.

Найбільший ефект можна отримати в результаті повної заміни ліфту на новий енергоефетивний з системами рекуперації та регенерації енергії. Питанням енергозбереження в ліфтових установках присвячені роботи Бойко А. А. [2, 4], Хитрова А.И та Хитрова А. А. [5], Богданова Є. П. та Рікконе В. В. [6], Смотрова Е. А. та Суботіна В. В. [7], Кувати А. С. та інших [8], Галкіна А. А. [9], де розглядається перехід від не регульованого електроприводу до регульованого, зниження втрат енергії в лебідках тобто підвищення їх ККД, використання частотних перетворювачів, створення програмних алгоритмів для керування роботою ліфтів, а також застосування рекуперативних та регенеративних технологій.

Але в цих роботах недостатньо уваги приділено оцінці загальної енергетичної ефективності ліфтової установки в результаті впровадження енергозберігаючих заходів, що дозволить ранжувати останні та визначати пріоритетність їх впровадження.

Розрахункове споживання електроенергії ліфтовою установкою виконується за міжнародним стандартом ISO 25745-2:2015 «Ліфти, ескалатори та конвеєри пасажирські. Частина 2. Розрахунок

енергоспоживання та класифікація енергетичної ефективності ліфтів» [10]. Як вихідні використовуються наступні технічні та експлуатаційні дані: потужність електродвигунів головного та дверей кабіни, потужність ламп освітлення, відстань руху та часу руху кабіни ліфту, час роботи освітлення та роботи дверей кабіни, а також кількість пусків на добу.

Клас енергетичної ефективності визначається для кожної ліфтової установки індивідуально, так як залежить від таких факторів, як: показник рівня енергоспоживання ліфту в режимі руху ($E_{р.р}$), вантажопідйомність установки (Q), кількість пусків на добу (n_d), середня відстань поїздки ($L_{ср}$), показник рівня енергоспоживання ліфту в режимі очікування ($P_{р.о}$) та час знаходження в режимі очікування ($t_{р.о}$).

Показник рівня енергоспоживання ліфтової установки в режимах руху та очікування встановлюють в залежності від значення питомого енергоспоживання у відповідному режимі згідно з табл. 1.

Таблиця 1

Показники рівня енергоспоживання ліфту в режимах руху та очікування

Рівень енергоспоживання	1	2	3	4	5	6	7
Питома енергія в робочому стані для середнього циклу пересування, $E_{р.р}$ Вт·год/кг·м	≤0,72	≤1,08	≤1,62	≤2,43	≤3,65	≤5,47	>5,47
Потужність в режимі очікування, $P_{р.о}$ Вт	≤50	≤100	≤200	≤400	≤800	≤1600	>1600

Середня довжина поїздки в одному напрямі для ліфтової установки ($L_{ср}$), визначається за формулою [10].

$$L_{ср} = \frac{L_{ср}\% \cdot L_{б.ц}}{100}, \text{ м.} \quad (1)$$

де $L_{б.ц}$ – довжина базового циклу підйому ліфту, відповідає висоті підйому ліфту, м. $L_{ср}\%$ – значення відношення середньої довжини поїздки до повної висоти підйому залежно від числа зупинок та категорії використання ліфтової установки, обирається згідно з табл. 2 [10].

Таблиця 2

Середня відстань поїздки

Категорія використання	1–3	4	5	6
Число зупинок	Відношення середньої довжини поїздки до повної висоти підйому			
2	100%			
3	67%			
>3	49%	44%	39%	32%

На основі цієї інформації визначається клас енергетичної ефективності ліфтової установки:

$$W_Д \le \frac{E_{р.р} \cdot Q \cdot n_d \cdot L_{ср}}{1000} + P_{р.о} \cdot t_{р.о}. \quad (2)$$

Клас енергетичної ефективності ліфта встановлюють шляхом порівняння добового енергоспоживання, обчисленого за показниками рівнів ефективності для режимів руху та режиму очікування відповідно до таблиці 1, згідно з міжнародним стандартом ISO 25745-2:2015 [10].

Добове споживання електроенергії ліфтовою установкою визначається за наступною формулою:

$$W_Д = W_{р.р} + W_{р.о} + W_{осв.шахти}, \quad (3)$$

де $W_{р.р}$ – споживання енергії в режимі руху кабіни, Вт·год. $W_{р.о}$ – споживання енергії в режимі очікування, Вт·год. $W_{осв.шахти}$ – споживання енергії на освітлення ліфтової шахти, Вт·год.

Структура споживання електроенергії ліфтом ЛП0307БК вантажопідйомністю 320 кг за напрямами енергоспоживання (за власними розрахунками) наведено на рис. 1.

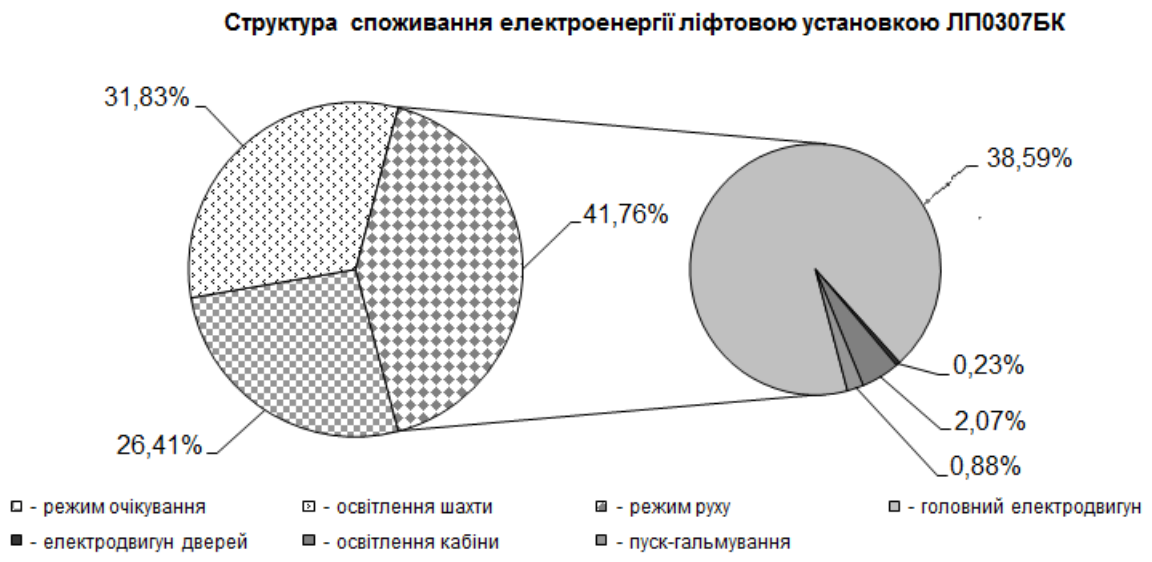

Рис. 1. Структура споживання електроенергії ліфтовою установкою за добу (власні розрахунки)

На базі розрахункового споживання електроенергії ліфтовою установкою можна виділити три основні складові: споживання у режимі руху ліфта 41,76 %, яке в свою чергу складається з чотирьох складових, а саме: споживання головним електродвигуном 38,59 %, освітлення ліфтової кабіни 2,07 %, витрати на перехідні процеси пуску та гальмування 0,88 % та споживання енергії електроприводом дверей 0,23 %; споживання у режимі очікування – 31,84 %; освітлення шахти – 26,41 %.

Для зниження споживання електроенергії та класу енергетичної ефективності ліфтової установки ЛП0307БК запропоновано наступні заходи модернізації наведено в табл. 3: відключення освітлення шахти в режимі експлуатації та включення освітлення при технічних оглядах, обслуговування та ремонтах, економія електроенергії 26,4%; заміна ламп розжарювання на світлодіодні лампи в системі освітлення кабіни ліфту, економія електроенергії 2,5%; заміна старого головного електропривода на новий в парі з частотним перетворювачем, економія електроенергії 35,1% (розрахунок виконувався при припущенні, що встановлення частотного перетворювача дає економію енергії на рівні 50 % в режимі руху, згідно досліджень Хитрова А. И. [5]).

При розрахунку було прийнято, що режим руху на добу становив 2,35 години, середня кількість пусків за добу 300, середня відстань поїздки 17,15 м, а час в режимі очікування прийнято 21,65 год.

Таблиця 3

Технічні показники ліфтової установки до та після модернізації

Техніко-економічні показники	До модернізації	Після модернізації
Потужність двигуна, кВт	3,5	4
Швидкість руху кабіни, м/с	0,71	1
Тип приводу	не регульований	регульований
Споживана електроенергія, Вт·год: • на добу • на рік	 15,08 5450	 5,39 1961
Витрати на електроенергію за рік, тис. грн.	9,16	3,3
Клас енергетичної ефективності	E	C

Загальна економія електроенергії після модернізації складає 64 %, що у грошовому еквіваленті становить майже 6 тис грн.

Проте подальше підвищення класу енергетичної ефективності ліфтової установки є неможливим, оскільки сучасні технології застосовуються лише на ліфтових установках з вантажопідйомністю від 630 кг та висотою підйому від 16 поверхів.

Актуальним напрямом досліджень є визначення пріоритетності впровадження різних енергозберігаючих заходів для конкретних типів ліфтових установок.

Висновки. Енергозбереження в ліфтових установках дозволить знизити витрати на утримання ліфтових установок, а також на ремонти ліфтів, які вичерпали свій термін служби шляхом модернізації. Впровадження сучасних технологій в ліфтове господарство дозволить не тільки скоротити видатки, але й зробить користування ліфтами комфортніше та надійніше.

Література

1. Українські ліфти в стані вільного падіння [Електронний ресурс] // Україна комунальна –

2. головний експерт житлово-комунального господарства України. – Режим доступу : http://osbb.jkg-portal.com.ua/ua/publication/one/-lftove-gospodarstvo-modernzacji-ne-bude-44169 – 02.02.2018 р.

3. Бойко А. А. Разработка методологии оптимального проектирования и эксплуатации энергоэффективных лебедок пассажирских лифтов : диссертация / А. А. Бойко. – Одесса 2015. – 402 с.

4. Наказ державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гігієнічного нагляду «Про затвердження Правил будови і безпечної експлуатації ліфтів» від 7 жовтня 2008 р. № 190 [Електронний ресурс] / Верховна рада України/ – Режим доступу : http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0937-08. – 02.02.2018.

5. Бойко А. А. Анализ энергетических показателей традиционного редукторного подъемного механизма пасажирського лифта с двускоросным асинхронным двигателем / А. А. Бойко // Региональные проблеммы енергетики – Кишинэу (Молдова) : Изд-во ГЭИРМ, 2014. – № 1 (24). – С. 17–25.

6. Хитров А. И. Перспективы применения энергосберегающих решений в електроприводах главного движения лифта / А. И.Хитров, А. А. Хитров // Труды Псковского политехнического института. – Псков : Изд-во ППИ, 2011. – № 14.3. – С. 367–376.

7. Богданов Е. П. Сравнительный анализ потерь в двигателях редукторних лебедок лифтов [Электронный ресурс] / Е. П. Богданов, С. В. Рикконен // Интернет-жернал Института Государственного управления, права и инновационных технологий (ИГУПИТ) «Науковедение». – 2013. – № 1. – Режим доступа : https://naukovedenie.ru/PDF/65tvn113.pdf. – 19.04.2018 г.

8. Смотров Е. А. Рекуператор електропривода лифта / Е. А. Смотров, В. В. Субботин // Журнал Электрические и компьютерные системы. – Одесса : Изд-во ОНПУ, 2014. – № 16 (92). – С. 16–25.

9. Ковать А. С. К вопросу совершенствования електропривода массовых лифтов / А. С. Коваль, А. В. Шваяков, Б. Б. Скарыно, Е. В. Ефименко // Весник Белурусско-Российского университета. – Могилев : Изд-во БРУ, 2011. – № (32). – С. 145–150.

10. Галкин А. А. Исследование без редукторного електропривода лифта с низкоскоросным асинхронным двигателем : диссертация / А. А. Галкин. – Москва, 2011. – 143 с.

11. Расчет энеропотребления и класификация энергитической эффективности лифтов : проект международного стандарта ISO/DIS 25745-2:2015. Часть 2: Измерение энергии и соответствие» [Електронний ресурс] / International Organization for Standardization. – Режим доступу : https://www.iso.org/standard/60951.html – 02.02.2018 р.

References

1. Ukrainski lifty v stani vilnoho padinnia [Elektronnyi resurs] // Ukraina komunalna – holovnyi ekspert zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy. – Rezhym dostupu : http://osbb.jkg- portal.com.ua/ua/publication/one/-lftove-gospodarstvo-modernzacji-ne-bude-44169 – 02.02.2018 r.

2. Boiko A. A. Razrabotka metodolohyy optymalnoho proektyrovanyia y ekspluatatsyy enerhoeffektyvnykh lebedok passazhyrskykh lyftov : dyssertatsyia / A. A. Boiko. – Odessa 2015. – 402 s.

3. Nakaz derzhavnoho komitetu Ukrainy z promyslovoi bezpeky, okhorony pratsi ta hihiienichnoho nahliadu «Pro zatverdzhennia Pravyl budovy i bezpechnoi ekspluatatsii liftiv» vid 7 zhovtnia 2008 r. № 190 [Elektronnyi resurs] / Verkhovna rada Ukrainy/ – Rezhym dostupu : http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0937-08. – 02.02.2018.

4. Boyko A. A. Analiz energeticheskih pokazateley traditsionnogo reduktornogo podyemnogo mehanizma pasajirskogo lifta s dvuskorosnyim asinhronnyim dvigatelem / A. A. Boyko // Regionalnyie problemmyi energetiki – Kishineu (Moldova) : Izd-vo GEIRM, 2014. – № 1 (24). – C. 17–25.

5. Hitrov A. I. Perspektivyi primeneniya energosberegayuschih resheniy v elektroprivodah glavnogo dvijeniya lifta / A. I.Hitrov, A. A. Hitrov // Jurn. Trudyi Pskovskogo politehnicheskogo instituta. – Pskov : Izd-vo PPI, 2011. – № 14.3. – C. 367–376.

6. Bogdanov E. P. Sravnitelnyiy analiz poter v dvigatelyah reduktornih lebedok liftov [Elektronnyiy resurs] / E. P. Bogdanov, S. V. Rikkonen // Internet-jernal Instituta Gosudarstvennogo upravleniya, prava i innovatsionnyih tehnologiy (IGUPIT) «Naukovedenie». – 2013. – № 1. – Rejim dostupa : https://naukovedenie.ru/PDF/65tvn113.pdf. – 19.04.2018 g.

7. Smotrov E. A. Rekuperator elektroprivoda lifta / E. A. Smotrov, V. V. Subbotin // Jurnal Elektricheskie i kompyuternyie sistemyi. – Odessa : Izd-vo ONPU, 2014. – № 16 (92). – C. 16–25.

8. Kovat A. S. K voprosu sovershenstvovaniya elektroprivoda massovyih liftov / A. S. Koval, A. V. SHvayakov, B. B. Skaryino, E. V. Efimenko // Vesnik Belurussko-Rossiyskogo universiteta. – Mogilev : Izd-vo BRU, 2011. – № (32). – C. 145–150.

9. Galkin A. A. Issledovanie bez reduktornogo elektroprivoda lifta s nizkoskorosnyim asinhronnyim dvigatelem : dissertatsiya / A. A. Galkin. – Moskva, 2011. – 143 s.

10. Raschet eneropotrebleniya i klasifikatsiya energiticheskoy effektivnosti liftov : proekt mejdunarodnogo standarta ISO/DIS 25745-2:2015. CHast 2: Izmerenie energii i sootvetstvie» [Elektronniy resurs] / International Organization for Standardization. – Rejim dostupu : https://www.iso.org/standard/60951.html – 02.02.2018 r.

Рецензія/Peer review : 25.9.2018 р. Надрукована/Printed : 19.9.2018 р.
Рецензент: к.т.н., проф. В.П. Метельський