

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ ЗАКЛАДІВ ГОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННОГО ГОСПОДАРСТВА

Якимчук Д.М.,
кандидат технічних наук,
Херсонський державний університет,
Херсон, Україна

EFFICIENCY OF USE LIGHTING SYSTEMS OF HOTEL-RESTAURANT BUSINESS FACILITIES

Yakymchuk D.M.,
Ph.D., Kherson State University,
Kherson, Ukraine

Анотація

В статті досліджено ефективність використання систем освітлення закладів готельно-ресторанного господарства з урахуванням дійсної потужності та визначено відповідні характеристики. Запропоновано врахування дійсної потужності ламп для покращення точності розрахунків. Вперше запропоновано використання коефіцієнта розбіжності потужності, що враховує номінальну та дійсну потужності систем освітлення.

Проведено експериментальні дослідження із виявлення взаємозв'язку номінальної, розрахункової і дійсної потужностей ламп та побудовано відповідні графічні залежності. Встановлено середні показники відхилення вказаних потужностей для різних типів ламп. Отримано величини та характер зміни коефіцієнта розбіжності потужності для різних систем освітлення.

Ключові слова: система освітлення, готельно-ресторанне господарство, галузь гостинності, ефективність, джерело світла, лампа, потужність, коефіцієнт розбіжності потужності, сфера послуг.

Abstract

In the article investigated the efficiency of use lighting systems of hotel-restaurant business facilities with valid power consider and defined appropriate characteristics. Considering the actual power of lamps for improve the accuracy of calculations are proposed. In the first time offered the use of power discrepancies coefficient, that consider the nominal and real power of lighting systems.

Conducted experimental researches from detection of intercommunication of nominal, calculation and actual lamps powers and built corresponding graphic dependences. The average indicators of deviation these powers for different types of lamps are defined. Sizes and character of change of power discrepancies coefficient for different lighting systems are obtained.

Keywords: lighting system, hotel-restaurant business, hospitality industry, efficiency, light source, lamp, power, power discrepancies coefficient, services industry.

Постановка проблеми

Сьогодні економіка України знаходиться в незадовільному стані. Застаріле обладнання, недостатнє фінансування, неефективне використання наявних ресурсів та багато інших факторів погіршують економічне становище більшості галузей народного господарства. Такі негативні тенденції стосуються і сфери послуг.

Готельно-ресторанне господарство як складова сфери послуг відіграє значну роль в становленні економіки України. Хоча прибутковість галузі у порівнянні із світовими стандартами незначна, однак це суттєвий приріст грошових надходжень.

Ефективність функціонування закладів готельно-ресторанних господарств характеризується багатьма чинниками, одним із яких є використання сучасного обладнання. Це системи опалення, освітлення кондиціонування повітря та інші. Якісна робота вказаного обладнання забезпечує необхідний

розвиток галузі. Ефективність використання систем освітлення також посідає значну роль в наданні якісних послуг.

Однак, цій проблематиці серед вчених приділено недостатньої уваги, що унеможливило належне їх застосування в закладах готельно-ресторанного господарства.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

На сьогодні практично відсутня науково обґрунтована інформація щодо економічних характеристик систем освітлення в закладах готельно-ресторанних господарств, їх вибору за ефективністю та економічною доцільністю. Варто відмітити, що врахування дійсної потужності ламп в системах освітлення практично не досліджене.

Існуючі роботи [1-4] не дозволяють підібрати необхідне обладнання, особливо для галузі гостинності. Також, вченими фактично не врахований фактор енергозбереження, що негативно впливає на якісний розрахунок необхідних систем освітлення.

При цьому варто відмітити, що ефективність їх використання є комплексним критерієм якісної роботи та функціонування сфери послуг та займає важливе місце в її розвитку.

Формулювання мети

Метою роботи є дослідження ефективності використання систем освітлення закладів готельно-ресторанних господарств з урахуванням їх дійсної спожитої потужності.

Виклад основного матеріалу

Для забезпечення освітлення приміщень в закладах готельно-ресторанних господарств використовуються лампи різного призначення та типів [3-5], найбільшого поширення серед яких отримали розжарення, люмінесцентні та світлодіодні. На ефективність їх використання впливають наступні характеристики: вартість ламп, вартість спожитої електроенергії за фіксований період, термін їх окупності, величина економії електроенергії.

Одним із критеріїв оцінки ефективності їх використання може слугувати найменша вартість експлуатації. На вказаний фактор впливає потужність джерела світла та вартість електроенергії. Другорядне значення посідають вартість освітлювальної установки та кількість ламп, які вийдуть з ладу за певний проміжок часу.

Якщо розглядати потужність джерела світла, то варто зауважити, що існуючі методики розрахунку ефективності систем освітлення [1,2,3,6] не забезпечують якісного врахування цього параметру. В роботах [1,6] враховується лише паспортна потужність, яку вказують виробники, а в роботі [2] розглядаються вказані системи з урахуванням лише одиниці світлового потоку.

Як відомо [7] фактична потужність ламп відрізняється від паспортної в значному діапазоні. З однієї сторони це позитивно впливає на загальне енергоспоживання систем освітлення, так як фактично відбувається зменшення їх енергоємності. Однак, не врахування дійсної потужності ламп значно зменшує точність розрахунків, що негативно впливає на розрахунок ефективності використання систем освітлення в закладах гостинності.

Розрахункова потужність ламп визначається за наступними формулами [8-10]:

$$N_R^I = U \cdot I, \quad (1)$$

$$N_R^{II} = U \cdot I \cdot \lambda, \quad (2)$$

де N_R^I – розрахункова потужність ламп розжарювання;

N_R^{II} – розрахункова потужність люмінесцентних та світлодіодних ламп;

U – напруга мережі;

I – спожитий струм;

λ – коефіцієнт потужності.

В лампах розжарювання вся потужність є активною [8-10], тому коефіцієнт потужності не використовується (формула 1). Розрахункова потужність люмінесцентних та світлодіодних ламп обчислюється з врахуванням коефіцієнта потужності (формула 2). Однак, більшість виробників цей параметр не вказують, або вказують із суттєвими неточностями, що унеможливує якісний розрахунок необхідних параметрів систем освітлення.

Так наприклад, відома на українському ринку китайська фірма Maxus для світлодіодної лампи загального призначення 1-LED-567 потужністю 15Вт вказує такі параметри U , I та λ , в результаті обчислення яких за формулою (2) потужність становитиме 12,65Вт, що на 15,67% відрізняється від паспортної (номінальної). При цьому виробник позиціонує її як аналог лампи розжарювання потужністю 125Вт з світловим потоком 1400лм, в той час як аналогічна лампа розжарювання характеризується світловим потоком 1760лм. В такому випадку розбіжність за світловим потоком становить 25,71%.

Таким чином, розрахункова потужність не може слугувати ефективним критерієм ефективності використання систем освітлення закладів готельно-ресторанних господарств. Тому, існує необхідність врахування дійсної потужності ламп, спожитої з мережі.

Для вирішення поставленої мети вперше запропоновано використовувати коефіцієнт розбіжності потужності k_λ^R , який повинен враховувати номінальну та дійсну потужності. Для його розрахунку потрібно провести експериментальні дослідження з визначення дійсної потужності, що споживається з мережі для різних типів джерел світла.

Для цього використано експериментальне вимірювальне обладнання [3,5]. В дослідженнях використано лампи розжарювання загального призначення потужністю 100Вт, люмінесцентні та світлодіодні лампи з середніми потужностями 23Вт та 14Вт відповідно. Всі лампи з цоколем E27, грушоподібної форми та кольоровою температурою в діапазоні 2700...6500К. Напруга мережі становила 220 В з частотою 50 Гц.

Після налаштування експериментального вимірювального обладнання знімалися отримані дані, які далі опрацьовувалися на комп'ютері.

Методами математичної статистики визначено мінімально необхідну кількість дослідів, що забезпечує потрібну точність вимірювань. Отримані в результаті експериментів дані за вище вказаними методиками оброблялись за допомогою пакетів прикладних програм Maple, MathCAD та Excel.

Точність проведених досліджень відповідає встановленим вимогам і знаходиться в межах допустимих 5%.

За результатами проведених досліджень встановлено взаємозв'язок номінальної N_n , розрахункової N_R і дійсної N_E потужностей ламп та побудовано відповідні графічні залежності (рис. 1).

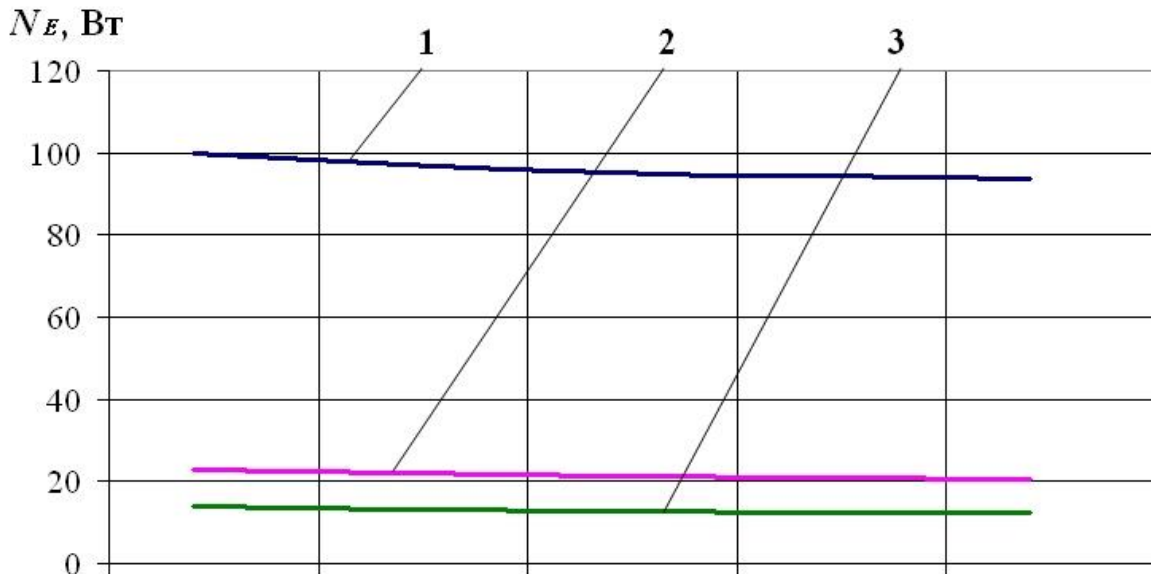


Рис. 1. Графічна залежність зміни потужностей ламп: 1 – розжарення; 2 – люмінесцентних; 3 – світлодіодних

Характер зміни вказаних потужностей свідчить про тенденцію до її зменшення при використанні номінальних, розрахункових та дійсних значень відповідно. Найменша потужність, а отже і найбільша точність характерна для даних, отриманих експериментальним шляхом (рис. 1). Найбільшою потужністю і відповідно найменшою точністю характеризуються номінальні значення.

В результаті проведених досліджень визначено, що фактична потужність всіх типів ламп відрізняється від номінальної в діапазоні від 2,78% до 13,88% з тенденцією до зменшення. Лише в одному випадку спостерігалось збільшення спожитої потужності на 3,75%.

Встановлено середні показники відхилення

дійсної потужності від номінальної та розрахункової, які становлять: 6,49% для ламп розжарювання, 10,72% для люмінесцентних ламп і 4,18% для світлодіодних ламп.

Для розрахунку коефіцієнта розбіжності потужності k_{λ}^R для всіх типів ламп використано отримані експериментальні дані. При цьому для збільшення точності використано дані фірм-виробників OSRAM і PHILIPS, в яких спостерігались найменші відхилення за спожитою потужністю та величиною світлового потоку.

Згідно проведених розрахунків встановлено величини та характер зміни коефіцієнта розбіжності потужності k_{λ}^R для різних ламп (таблиця 1).

Таблиця 1

Характеристики основних відхилень систем освітлення закладів гостинності

Тип лампи	Технічні показники			
	Діапазон відхилень від номінальної потужності ΔP , %	Середнє відхилення від номінальної потужності $\Delta P_{сеп}$, %	Середнє відхилення величини світлового потоку $\Delta \lambda_{сеп}$, %	Коефіцієнт розбіжності потужності, k_{λ}^R
Розжарювання	5,13...7,85	6,49	12,38	0,94
Люмінесцентна	7,56...13,88	10,72	15,64	0,89
Світлодіодна	2,78...5,58	4,18	9,73	0,96

Таким чином, дійсна спожита потужність ламп всіх типів визначатиметься за наступною формулою:

$$N_d = N_n \cdot k_{\lambda}^R, \quad (3)$$

де N_n – номінальна потужність ламп різних типів.

Отримані характеристики основних відхилень

систем освітлення закладів гостинності (табл. 1) дозволяють встановити закономірності зміни їх основних технічних показників. Виявлено, що найбільший коефіцієнт розбіжності потужності k_{λ}^R характерний для люмінесцентних ламп ($k_{\lambda}^R=0,89$), найменший – для світлодіодних ламп ($k_{\lambda}^R=0,96$).

Висновки

Проаналізовано ефективність використання

систем освітлення в закладах готельно-ресторанного господарства та визначено відповідні характеристики. Запропоновано враховувати дійсну потужність ламп, що споживається з мережі для покращення точності розрахунків. Вперше запропоновано використовувати коефіцієнт розбіжності потужності k_{λ}^R , який враховує номінальну та дійсну потужності систем освітлення. Проведено експериментальні дослідження із виявлення взаємозв'язку номінальної N_n , розрахункової N_R і дійсної N_E потужностей ламп та побудовано відповідні графічні залежності. Встановлено середні показники відхилення вказаних потужностей, які складають: 6,49% для ламп розжарювання, 10,72% для люмінесцентних ламп і 4,18% для світлодіодних ламп. Отримано величини та характер зміни коефіцієнта розбіжності потужності k_{λ}^R для різних типів ламп. Виявлено, що найбільший коефіцієнт розбіжності потужності k_{λ}^R характерний для люмінесцентних ламп ($k_{\lambda}^R=0,89$), найменший – для світлодіодних ($k_{\lambda}^R=0,96$).

Перелік використаних джерел

1. Кульбаба С.В. Економічна ефективність застосування нових джерел світла в системах освітлення птахових приміщень при утриманні курей-несучок / С.В. Кульбаба // Вісник Харківського національного технічного університету. – 2015. – № 2. – С.9-14.
2. Никитин В.Д. Экономический анализ установок наружного освещения / В.Д. Никитин, А.А. Матющенко, Ю.С. Шаламова // Известия Томского политехнического университета. – 2007. Т.310 – № 1. – С.234-239.
3. Кармаліта А.К. Дослідження джерел освітлення закладів готельно-ресторанних господарств / А.К. Кармаліта, Д.М. Якимчук // Вісник Хмельницького національного університету. – 2012. – № 4. – С.236-242.
4. Якимчук Д.М. Особливості використання систем освітлення в сфері послуг / Д.М. Якимчук // Збірник наукових праць за матеріалами Всеукр. наук.-практ. конф. [“Інновації у підготовці фахівців технологічної, професійної освіти та готельно-ресторанного бізнесу”]. – Херсон : Айлант, 2012. – С.190-192.
5. Якимчук Д.М. Дослідження довговічності роботи ламп розжарювання закладів сфери послуг / Д.М. Якимчук // Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві. Вип. 1(2): зб. наук. праць – О.: АО Бахва, 2013. – С. 293-297.
6. Розрахунок економічної ефективності від впровадження заходів з енергозбереження : (статті з області енергозбереження) [Електронний ресурс] – Режим доступу до журналу.: <http://www.lektsii.org/>

<http://www.lektsii.org/>

7. Сравнение лампы накаливания, компактной люминесцентной и светодиодной ламп по температуре нагрева и потребляемой мощности : (статті з області електротехніки) [Електронний ресурс] – Режим доступу до журналу.: <http://zametkielectrika.ru/>

8. Справочная книга по светотехнике / [под ред. Ю.Б. Айзенберга]. М. : Знак, 2006. – 972 с.

9. Spiros K. Light sources. Technologies and applications. – Taylor & Francis, 2011. – 234 pgs.

10. Duco S. Outdoor Lighting: Physics, Vision and Perception. – Spriger, 2008. – 462 pgs.

REFERENCES

1. Kulbaba S.V. The economic efficiency of use new light sources in the light systems poultry premises in keeping of laying-hens / S.V. Kulbaba // Herald of Kharkiv National Technical University. – 2015. – No 2. – P.9-14. (Ukr)
2. Nikitin V.D. Economic analysis of outdoor lighting systems / V.D. Nikitin, A.A. Matiushchenko, Y.S. Shalamova // Herald of Tomsk Polytechnic University. – 2007. Т.310 – No 1. – P.234-239. (Rus)
3. Karmalita A.K. Investigation of light sources of hotel and restaurant management establishments / A.K. Karmalita, D.M. Yakymchuk // Herald of Khmelnytsky National University. – 2012. – No 4. – P.236-242. (Ukr)
4. Yakymchuk D.M. Features of using the light systems in services industry / D.M. Yakymchuk // Scientific papers of the materials All-Ukrainian scient. and pract. conf. [“Innovations in preparation specialists of technological, professional education, hotel and restaurant business”]. – Kherson : Ailant, 2012. – P.190-192. (Ukr)
5. Yakymchuk D.M. Investigation of durability work of incandescent lamps in services industry establishments / D.M. Yakymchuk // Information technologies in education, science and production. Vol. 1 (2): coll. science works – O.: AO Bahva, 2013. – P. 293-297. (Ukr)
6. Calculation of the economic efficiency implementation of energy saving measures : (articles on energy saving) [Electronic resource] – Access mode to the journal.: <http://www.lektsii.org/> (Ukr)
7. Comparison of incandescent lamps, compact fluorescent and LED lamps on their temperature of heating and the power consumption : (articles on field of electrical engineering) [Electronic resource] – Access mode to the journal.: <http://zametkielectrika.ru/> (Rus)
8. Reference book of light engineering / [eds. by Y.B. Aizenberh]. М. : Znak, 2006. – 972 pgs. (Rus)
9. Spiros K. Light sources. Technologies and applications. – Taylor & Francis, 2011. – 234 pgs. (Eng)
10. Duco S. Outdoor Lighting: Physics, Vision and Perception. – Spriger, 2008. – 462 pgs. (Eng)

Таблиця істинності функції декодування F^d

x_{11}	x_{22}	x_{33}	x_{12}	x_{13}	x_{21}	x_{23}	x_{31}	x_{32}	x_{11}^d	x_{22}^d	x_{33}^d
1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0
0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1
1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1
0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1
0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0
1	1	1	1		0	1	1	1	0	1	1
1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0

В таблиці 3 визначено модель побудови додаткових елементів $x_{12}, x_{13}, x_{21}, x_{23}, x_{31}, x_{32}$ через основні елементи - x_{11}, x_{22}, x_{33} моделі кодування та $x_{11}^d, x_{22}^d, x_{33}^d$ моделі декодування.

Для подальшого отримання залежностей необхідно формалізувати дані з таблиці 3 на основі мінімізації даних за допомогою карт Карно.

Карти Карно для мінімізації таблиці 3 представлено в наступному вигляді.

Таблиця 4

Карта Карно для отримання функції декодування F^d

x_{11}	x_{22}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{31}	x_{32}	x_{33}
0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0
0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1
1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0
		0	1	0	1	0	1	0	1	0
										x_{33}

В результаті мінімізації були отримані наступні результати:

$$F_{11} = \bar{x}_{11}x_{22} \vee x_{11}\bar{x}_{33};$$

$$F_{12} = \bar{x}_{22} \vee \bar{x}_{11}\bar{x}_{33} \vee x_{11}x_{33} = \bar{x}_{22} \vee (x_{11} \equiv x_{33});$$

$$F_{13} = \bar{x}_{33} \vee \bar{x}_{11}x_{22} \vee x_{11}\bar{x}_{22} = \bar{x}_{33} \vee (x_{11} \oplus x_{22});$$

$$F_{21} = \bar{x}_{11} \vee x_{22}\bar{x}_{33} \vee \bar{x}_{22}x_{33} = \bar{x}_{11} \vee (x_{22} \oplus x_{33});$$

$$F_{22} = x_{11}\bar{x}_{22} \vee x_{22}x_{33};$$

$$F_{23} = x_{33} \vee \bar{x}_{11}x_{22} \vee x_{11}\bar{x}_{22} = x_{33} \vee (x_{11} \oplus x_{22});$$

$$F_{31} = x_{11} \vee x_{22}\bar{x}_{33} \vee \bar{x}_{22}x_{33} = x_{11} \vee (x_{22} \oplus x_{33});$$

$$F_{32} = x_{22} \vee \bar{x}_{11}\bar{x}_{33} \vee x_{11}x_{33} = x_{22} \vee (x_{11} \equiv x_{33});$$

$$F_{33} = \bar{x}_{11}\bar{x}_{33} \vee x_{22}x_{33}.$$

В результаті мінімізації було отримано модель прямих та обернених базових операцій.

Тепер, більш детально розглянемо отримання методу синтезу базових операцій кодування для

криптоперетворення. Для цього, представимо визначені результати мінімізації операцій кодування у вигляді таблиці 5.

Синтез базових операцій кодування

x_{11}	$F_{12} = \bar{x}_{11} \vee (x_{22} \oplus x_{33})$	$F_{13} = x_{11} \vee (x_{22} \oplus x_{33})$
$F_{21} = \bar{x}_{22} \vee (x_{11} \equiv x_{33})$	x_{22}	$F_{23} = x_{22} \vee (x_{11} \equiv x_{33})$
$F_{31} = \bar{x}_{33} \vee (x_{11} \oplus x_{22})$	$F_{32} = x_{33} \vee (x_{11} \oplus x_{22})$	x_{33}

Для подальшого дослідження отримання методу синтезу базових операцій кодування, необхідно вивести дискретну модель визначення базових груп операцій для криптоперетворення.

Для цього модифікуємо дискретну модель поєднання матриці перестановок та матриці доповнення представлену за допомогою виразу:

$$F_{92,46,27}^k = \begin{bmatrix} \underline{1} & \underline{0} & \underline{1} \\ \underline{1} & \underline{0} & \underline{0} \\ \underline{1} & \underline{1} & \underline{0} \end{bmatrix} \Rightarrow F_{83,116,78}^d = \begin{bmatrix} \underline{1} & \underline{1} & \underline{1} \\ \underline{0} & \underline{1} & \underline{1} \\ \underline{1} & \underline{0} & \underline{0} \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Для подальшого дослідження замінімо основні та додаткові елементи моделі, відповідними їм елементами приведеними в таблиці 5.

В результаті отримаємо модифіковану матричну дискретну модель наступного вигляду представлену за допомогою виразу 3.

$$F^k = \begin{bmatrix} x_{11} & \bar{x}_{11} \vee (x_{22} \oplus x_{33}) & x_{11} \vee (x_{22} \oplus x_{33}) \\ \bar{x}_{22} \vee (x_{11} \equiv x_{33}) & x_{22} & x_{22} \vee (x_{11} \equiv x_{33}) \\ \bar{x}_{33} \vee (x_{11} \oplus x_{22}) & x_{33} \vee (x_{11} \oplus x_{22}) & x_{33} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Тепер, відобразимо модифіковану матричну дискретну модель для кодування функцій представлену виразом (3) за допомогою дискретної моделі представлення криптографічних операцій.

Для цього у виразі наведеному нижче

$$F_{92,46,27}^k = \begin{bmatrix} x_1 \cdot \bar{x}_2 \vee \bar{x}_1 \cdot x_3 \\ x_1 \cdot \bar{x}_2 \vee x_2 \cdot \bar{x}_3 \\ x_1 \cdot \bar{x}_3 \vee x_2 \cdot x_3 \end{bmatrix} \Rightarrow F_{83,116,78}^d = \begin{bmatrix} x_1 \cdot x_2 \vee \bar{x}_1 \cdot x_3 \\ \bar{x}_1 \cdot x_2 \vee \bar{x}_2 \cdot x_3 \\ x_1 \cdot \bar{x}_3 \vee \bar{x}_2 \cdot x_3 \end{bmatrix} \quad (4)$$

замінімо значення основних та додаткових елементів операції кодування відповідними значеннями з виразу (3).

В результаті було отримано узагальнену дискретну модель базових груп операцій кодування для криптографічного перетворення, яка представлена в наступному вигляді:

$$F^k = \begin{bmatrix} (x_1 \equiv (x_{11})) \cdot (x_2 \equiv (\bar{x}_{11} \vee (x_{22} \oplus x_{33}))) \vee \\ \vee (x_1 \equiv (x_{11} \oplus 1)) \cdot (x_3 \equiv (x_{11} \vee (x_{22} \oplus x_{33}))) \\ (x_2 \equiv (x_{22})) \cdot (x_1 \equiv (\bar{x}_{22} \vee (x_{11} \equiv x_{33}))) \vee \\ \vee (x_2 \equiv (x_{22} \oplus 1)) \cdot (x_3 \equiv (x_{22} \vee (x_{11} \equiv x_{33}))) \\ (x_3 \equiv (x_{33})) \cdot (x_1 \equiv (\bar{x}_{33} \vee (x_{11} \oplus x_{22}))) \vee \\ \vee (x_3 \equiv (x_{33} \oplus 1)) \cdot (x_2 \equiv (x_{33} \vee (x_{11} \oplus x_{22}))) \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Тепер, перевіримо правильність отриманої дискретної моделі базових груп операцій кодування. Для цього скористаємося таблицею істинності для трьох розрядних функцій.

Підставивши визначені в таблиці істинності значення основних елементів у вираз (5) та виконавши операції рівнозначності, суми по модулю 2 і

кон'юнкції отримаємо результат, який представлено у таблиці 6, де x_{11} , x_{22} , x_{33} – значення першого, другого та третього основного елемента елементарної операції, ЕФ1, ЕФ2, ЕФ3 – значення першої, другої та третьої елементарної функції операції криптоперетворення.

Таблиця істинності визначення базової групи операцій для кодування F^k для криптоперетворення

x_{11}	x_{22}	x_{33}	Базова група операцій		
			ЕФ1	ЕФ2	ЕФ3
0	0	0	$\bar{x}_1 \cdot x_2 \vee x_1 \cdot \bar{x}_3$	$x_1 \cdot \bar{x}_2 \vee x_2 \cdot x_3$	$x_1 \cdot \bar{x}_3 \vee \bar{x}_2 \cdot x_3$
0	0	1	$\bar{x}_1 \cdot x_2 \vee x_1 \cdot x_3$	$x_1 \cdot \bar{x}_2 \vee x_2 \cdot \bar{x}_3$	$\bar{x}_1 \cdot x_3 \vee x_2 \cdot \bar{x}_3$
0	1	0	$\bar{x}_1 \cdot x_2 \vee x_1 \cdot x_3$	$x_1 \cdot x_2 \vee \bar{x}_2 \cdot x_3$	$x_1 \cdot \bar{x}_3 \vee x_2 \cdot x_3$
0	1	1	$\bar{x}_1 \cdot x_2 \vee x_1 \cdot \bar{x}_3$	$\bar{x}_1 \cdot x_2 \vee \bar{x}_2 \cdot x_3$	$x_1 \cdot x_3 \vee x_2 \cdot \bar{x}_3$
1	0	0	$x_1 \cdot x_2 \vee \bar{x}_1 \cdot x_3$	$x_1 \cdot \bar{x}_2 \vee x_2 \cdot \bar{x}_3$	$x_1 \cdot \bar{x}_3 \vee x_2 \cdot x_3$
1	0	1	$x_1 \cdot x_2 \vee \bar{x}_1 \cdot x_3$	$x_1 \cdot \bar{x}_2 \vee x_2 \cdot x_3$	$x_1 \cdot x_3 \vee x_2 \cdot \bar{x}_3$
1	1	0	$x_1 \cdot x_2 \vee \bar{x}_1 \cdot x_3$	$\bar{x}_1 \cdot x_2 \vee \bar{x}_2 \cdot x_3$	$x_1 \cdot \bar{x}_3 \vee \bar{x}_2 \cdot x_3$
1	1	1	$x_1 \cdot \bar{x}_2 \vee \bar{x}_1 \cdot x_3$	$x_1 \cdot x_2 \vee \bar{x}_2 \cdot x_3$	$\bar{x}_1 \cdot x_3 \vee x_2 \cdot \bar{x}_3$

Отримані в таблиці 6 результати елементарних функцій утворюють першу базову групу операцій отриману внаслідок обчислювального експерименту.

Далі, визначимо спосіб отримання методу синтезу базових операцій криптографічного перетворення для функції декодування. Для цього, представимо результати мінімізації операцій декодування у вигляді таблиці 7.

Таблиця 7 –

Синтез базових операцій декодування

$F_{11} = \bar{x}_{11}x_{22} \vee x_{11}\bar{x}_{33}$	$F_{12} = \bar{x}_{22} \vee (x_{11} \equiv x_{33})$	$F_{13} = \bar{x}_{33} \vee (x_{11} \oplus x_{22})$
$F_{21} = \bar{x}_{11} \vee (x_{22} \oplus x_{33})$	$F_{22} = x_{11}\bar{x}_{22} \vee x_{22}x_{33}$	$F_{23} = x_{33} \vee (x_{11} \oplus x_{22})$
$F_{31} = x_{11} \vee (x_{22} \oplus x_{33})$	$F_{32} = x_{22} \vee (x_{11} \equiv x_{33})$	$F_{33} = \bar{x}_{11}\bar{x}_{33} \vee x_{22}x_{33}$

Для подальшого дослідження методу синтезу базових операцій декодування, модифікуємо дискретну модель операції декодування представлену за допомогою виразу (2). Для цього замінімо основні та додаткові елементи моделі, відповідними їм елементами приведеними в таблиці 7.

В результаті отримаємо дискретну модель функцій декодування для першої групи базових операцій в наступному вигляді:

$$F^d = \begin{bmatrix} \bar{x}_{11}x_{22} \vee x_{11}\bar{x}_{33} & \bar{x}_{22} \vee (x_{11} \equiv x_{33}) & \bar{x}_{33} \vee (x_{11} \oplus x_{22}) \\ \bar{x}_{11} \vee (x_{22} \oplus x_{33}) & x_{11}\bar{x}_{22} \vee x_{22}x_{33} & x_{33} \vee (x_{11} \oplus x_{22}) \\ x_{11} \vee (x_{22} \oplus x_{33}) & x_{22} \vee (x_{11} \equiv x_{33}) & \bar{x}_{11}\bar{x}_{33} \vee x_{22}x_{33} \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Тепер для подальшої перевірки представимо отриманий вираз (6) для декодування функцій за допомогою дискретної моделі представлення криптографічних операцій. При цьому, замінімо у виразі (4) значення основних та додаткових елементів

операцій криптоперетворення функцій декодування відповідними їм значеннями представленими в таблиці 7.

$$F^d = \left[\begin{array}{l} (x_1 \equiv (\bar{x}_{11}x_{22} \vee x_{11}\bar{x}_{33})) \cdot (x_2 \equiv (\bar{x}_{22} \vee (x_{11} \equiv x_{33}))) \vee \\ \vee (x_1 \equiv ((\bar{x}_{11}x_{22} \vee x_{11}\bar{x}_{33}) \oplus 1)) \cdot (x_3 \equiv (\bar{x}_{33} \vee (x_{11} \oplus x_{22}))) \\ (x_2 \equiv (x_{11}\bar{x}_{22} \vee x_{22}x_{33})) \cdot (x_1 \equiv (\bar{x}_{11} \vee (x_{22} \oplus x_{33}))) \vee \\ \vee (x_2 \equiv ((x_{11}\bar{x}_{22} \vee x_{22}x_{33}) \oplus 1)) \cdot (x_3 \equiv (x_{33} \vee (x_{11} \oplus x_{22}))) \\ (x_3 \equiv (\bar{x}_{11}\bar{x}_{33} \vee x_{22}x_{33})) \cdot (x_1 \equiv (x_{11} \vee (x_{22} \oplus x_{33}))) \vee \\ \vee (x_3 \equiv ((\bar{x}_{11}\bar{x}_{33} \vee x_{22}x_{33}) \oplus 1)) \cdot (x_2 \equiv (x_{22} \vee (x_{11} \equiv x_{33}))) \end{array} \right] \quad (7)$$

Далі необхідно перевірити правильність отриманої дискретної моделі базових груп операцій декодування. Для цього, скористасмося таблицею істинності для трьох розрядних функцій.

Підставивши визначені в таблиці істинності значення основних елементів у вираз (7) та виконавши операції рівнозначності, суми по модулю 2 і кон'юнкції отримаємо результат, який представлено у таблиці 8.

Отримані в таблиці 8 результати елементарних функцій утворюють першу базову групу операцій

декодування отриману внаслідок обчислювального експерименту.

Дослідивши отримані моделі функцій кодування та декодування представлені виразами (5) та (7) можна зробити висновок, що суть методу синтезу базових операцій криптографічного перетворення полягає в змінні значень

$x_{11}, x_{22}, x_{33} \in [0, 1]$, що дає змогу отримати вісім базових операцій криптографічного перетворення для кодування та декодування функцій.

Таблиця 8

Таблиця істинності визначення базової групи операцій для декодування F^d для криптоперетворення

x_{11}	x_{22}	x_{33}	Базова група операцій		
			ЕФ1	ЕФ2	ЕФ3
0	0	0	$\bar{x}_1 \cdot x_2 \vee x_1 \cdot x_3$	$x_1 \cdot \bar{x}_2 \vee x_2 \cdot \bar{x}_3$	$\bar{x}_1 \cdot x_3 \vee x_2 \cdot \bar{x}_3$
0	0	1	$\bar{x}_1 \cdot x_2 \vee x_1 \cdot \bar{x}_3$	$x_1 \cdot \bar{x}_2 \vee x_2 \cdot x_3$	$x_1 \cdot \bar{x}_3 \vee \bar{x}_2 \cdot x_3$
0	1	0	$x_1 \cdot x_2 \vee \bar{x}_1 \cdot x_3$	$x_1 \cdot \bar{x}_2 \vee x_2 \cdot x_3$	$x_1 \cdot x_3 \vee x_2 \cdot \bar{x}_3$
0	1	1	$x_1 \cdot \bar{x}_2 \vee \bar{x}_1 \cdot x_3$	$x_1 \cdot x_2 \vee \bar{x}_2 \cdot x_3$	$\bar{x}_1 \cdot x_3 \vee x_2 \cdot \bar{x}_3$
1	0	0	$x_1 \cdot x_2 \vee \bar{x}_1 \cdot x_3$	$\bar{x}_1 \cdot x_2 \vee \bar{x}_2 \cdot x_3$	$x_1 \cdot \bar{x}_3 \vee \bar{x}_2 \cdot x_3$
1	0	1	$\bar{x}_1 \cdot x_2 \vee x_1 \cdot x_3$	$x_1 \cdot x_2 \vee \bar{x}_2 \cdot x_3$	$x_1 \cdot \bar{x}_3 \vee x_2 \cdot x_3$
1	1	0	$x_1 \cdot \bar{x}_2 \vee \bar{x}_1 \cdot x_3$	$x_1 \cdot \bar{x}_2 \vee x_2 \cdot \bar{x}_3$	$x_1 \cdot \bar{x}_3 \vee x_2 \cdot x_3$
1	1	1	$\bar{x}_1 \cdot x_2 \vee x_1 \cdot \bar{x}_3$	$\bar{x}_1 \cdot x_2 \vee \bar{x}_2 \cdot x_3$	$x_1 \cdot x_3 \vee x_2 \cdot \bar{x}_3$

Визначивши суть методу синтезу базових операцій криптографічного перетворення, можна зробити висновок, що синтез операцій криптографічного перетворення на основі отриманих дискретних моделей полягає в наступному:

1. Синтезі всіх базових операцій криптографічного перетворення;
2. Для кожної отриманої операції необхідно зробити перестановку, що збільшить їх кількість в 6 разів;
3. Для збільшення кількості операцій необхідно використати операції інверсії, що збільшить кількість операцій перетворення ще у 8 разів.

Результатом обчислювального експерименту є 384 операції криптографічного перетворення для трьохрозрядних елементарних функцій.

Висновки. Отже, результатом роботи є проведена мінімізація базових операцій та отримані аналітичні залежності базових операцій на основі

першої групи базових операцій криптографічного перетворення.

В результаті мінімізації було визначено модель прямих та обернених базових операцій. Отримано узагальнену дискретну модель базових груп операцій для кодування та декодування інформації.

На основі проведених розрахунків було визначено суть методу синтезу базових операцій криптографічного перетворення, результатом якого є визначені 384 операції криптографічного перетворення для трьохрозрядних елементарних функцій.

Перелік посилань

1. Віра Бабенко, Ольга Мельник, Руслан Мельник. Класифікація трирозрядних елементарних функцій для криптографічного перетворення інформації // Безпека інформації. — 2013. — Т. 19. — №1. — С. 56–59.

2. Рудницький С.В. Криптографическое преобразование информации на основе трехразрядных

логических функций / С.В. Рудницкий, Р.П. Мельник, В.В. Веретельник // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2012. — № 4 (22). — С. 119–122.

3. Миرونюк Т.В. Синтез елементарних функцій перестановок, керованих інформацією / Т.В. Миرونюк, О.Г. Мельник // II Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології в освіті, науці й техніці» (ІТОНТ-2014), 24- 26 квітня: зб. тез. доп. — Черкаси : ЧДТУ, 2014. — С. 147-148

4. Рудницький В. М. Синтез елементарних функцій перестановок, керованих інформацією / В.М. Рудницький, Т. В. Миرونюк, О.Г. Мельник, В.П. Щербина // Безпека інформації том 20, №3. — Київ: НАУ, 2014. — С. 242-247

5. Криптографическое кодирование: коллективная монография / Под ред. В.Н. Рудницкого, В.Я. Мильчевича. — Харьков : Изд-во «Щедрая усадьба плюс», 2014. — 240 с.

6. Миرونюк Т. В. Визначення елементарних операцій базової групи перестановок керованих інформацією / Т. В. Миرونюк // Вісник Черкаського державного технологічного університету. — 2016. — Випуск №2. — С. 100-105.

References

1. Vera Babenko Olga Melnyk Ruslan Melnik.(2013). Classification of three digit basic functions for cryptographic transformation of information //

Security of Information, (1(19)), pp. 56-59. (in Ukr.).

2. S.V. Rudnytskyy. (2012). The cryptographic transformation of information based of three digit logical functions / S.V. Rudnytskyy, R.P Melnyk, O. V. Veretelnyk // Vector Science Togliatti state-owned university, (4 (22)), - pp. 119-122.

3. Myronyuk T.V. Synthesis permutations of elementary functions controlled by the information / T.V. Myronyuk, O.H. Melnyk // Conference proceedings of II International Scaintifical-Practical Conference “Information Technologies in Education, Science and Technology” (ITEST-2014): Cherkasy, April 24-26, 2014, - 2 volumes.- Cherkasy: ChSTU, 2014. — pp. 147-148. (in Ukr.).

4. Rudnytskyy V., Melnyk O., Scherbyna V., Myronyuk T. Synthesis of elementary transposition functions controlled by information // Ukrainian Scientific Journal of Information Security, 2014, vol. 20, issue 3, p. 242-247. (in Ukr.).

5. The cryptographic coding: collective monograph / Ed. V.N. Rudnicki, V.Y. Milchevich. - Kharkov: Publishing house "Schedraya usadba plus", 2014. — 240 pp. (in Rus.)

6. Myronyuk T.V. Definition of elementary operations of core group permutations which is managed by information / T.V. Myronyuk // Visnyk Cherkaskogo derzhavnogo tehnologichnogo universitety. 2016. No. 2. P. 100-105. (Ukr)