

В статті пропонується системна модель управління ефективним споживанням обсягу електричної енергії аеропорту, яка базується на вдосконаленій класичній замкненій схемі управління. З метою ефективного управління споживанням електричної енергії пропонується організація в аеропортах відокремленої служби енергоменеджменту. Визначені інформаційні та управлінські зв'язки між службою енергоменеджменту та підрозділами аеропорту

Ключові слова: управління, ефективність, електрична енергія, нормування, прогнозування, система енергетичного менеджменту, енергозбереження

В статье предлагается модель управления эффективным потреблением объема электрической энергии аэропорта. Предложенная системная модель базируется на усовершенствованной классической замкнутой схеме управления. С целью эффективного управления потреблением электрической энергии предлагается организация в аэропортах обособленной службы энергоменеджмента. В модели обнаружены и установлены информационные и управленческие связи между службой энергоменеджмента и подразделениями аэропорта

Ключевые слова: управление, эффективность, электрическая энергия, нормирование, прогнозирование, система энергетического менеджмента, энергосбережение

МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ ЕФЕКТИВНІСТЮ СПОЖИВАННЯ ОБСЯГУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ АЕРОПОРТАМИ

В. П. Захарченко

Кандидат технічних наук, професор*

E-mail: vzahar@ukr.net

Н. П. Соколова

Старший викладач*

E-mail: NataSokolova@bigmir.net

*Кафедра автоматизації та енергоменеджменту
Національний авіаційний університет
пр. Комарова, 1, м. Київ, Україна, 03058

1. Вступ

За умов кризових економічних явищ та постійного зростання цін на енергоносії раціональне функціонування енергетичного господарства є невід'ємною складовою економічної безпеки аеропорту. Сьогодення вимагає удосконалення системи управління енергетичним господарством, зокрема у частині:

– забезпечення керівництва підприємства рекомендаціями і методами щодо перспективного і поточного планування енергетичного господарства і оперативного управління ним;

– вдосконалення організаційної структури енергетичного господарства шляхом чіткого розподілу функцій і завдань, розв'язуваних в окремих його службах;

– збільшення надійності роботи виробничих підрозділів підприємства за рахунок підвищення якості енергопостачання і забезпечення ефективного ремонтного обслуговування енергетичного устаткування;

– зміцнення координаційних зв'язків з іншими підсистемами підприємства.

Забезпечення цих напрямків удосконалення управління досягається за рахунок чіткої структуризації окремих розв'язуваних завдань, алгоритмізації методів рішення, упорядкування та раціоналізації документообігу.

В сучасних умовах для ефективного управління споживанням електричної енергії будь-якого підприємства, в т. ч. аеропорту, необхідним є розроблення моделі управління ефективним споживанням обсягу елек-

тричної енергії. Впровадження зазначеної моделі може забезпечити підвищення ефективності діяльності підприємства та підвищити рівень його безпеки. Це обумовлює актуальність та практичну цінність зазначеної теми дослідження.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Функціонування будь-якої системи управління відповідно до теорії оптимальних систем спрямоване на створення такого управлінського впливу, який дозволяє довести вихідні параметри системи до заданого рівня. У зв'язку з цим усередині будь-якої системи управління можна виділити вирішення наступних основних задач:

– планування, нормування, обліку та контролю;

– виділення множини допустимих варіантів регулювання процесами електроспоживання та визначення економічних, технологічних наслідків, правил та моделей вибору рішення управління енергоспоживанням, методів прогнозування електричним навантаженням та параметрів режимів;

– розроблення методів аналізу динаміки електроспоживання та структурної оптимізації параметрів та режимів електроспоживання.

В сучасних умовах для ефективного управління споживанням електричної енергії будь-якого підприємства в т. ч. аеропорту необхідним є розроблення моделі управління ефективним споживанням обсягу елек-

тричної енергії. Впровадження зазначеної моделі може забезпечити підвищення ефективності діяльності підприємства та підвищити рівень його безпеки. Це обумовлює актуальність та практичну цінність зазначеної теми дослідження.

За останні роки опубліковано багато наукових праць [1–4], присвячених актуальним питанням розробки ефективної структури управління раціональним споживанням електричної енергії споживачами промислових підприємств, але практично відсутні роботи присвячені управлінню процесами споживання електричної енергії аеропортами, які мають притаманні тільки їм особливості.

Про аналіз стану управління енергоспоживання аеропортів світу в т. ч. аеропортів в межах одного кліматичного поясу разом з Україною, адекватну оцінку можливо надати у зв'язку з закритим доступом інформації щодо обсягів споживання електричної енергії. На основі статистичних даних споживання електроенергії, зібраних в аеропортах України впродовж 2002–2013 рр., виявлено, що у певні роки спостерігаються деякі змінні характеристики, незважаючи на стабільну тенденцію щодо зміни обсягу споживання електричної енергії для всіх аеропортів.

Однією з причин цього є відсутність чіткої системи управління споживання електричної енергії.

3. Мета та задачі дослідження

Метою дослідження є ефективне управління споживанням електричної енергії аеропортами.

Для досягнення цієї мети поставлені наступні задачі:

- аналіз існуючих методів та моделей управління ефективністю споживання електричної енергії;
- вдосконалення системи нормування питомих витрат електричної енергії аеропортами;
- розробка моделей прогнозування обсягу споживання електричної енергії для різних об'єктів аеропорту з урахуванням особливостей його обладнання;
- розробка системної моделі управління ефективністю споживання електричної енергії аеропортами.

4. Розроблення моделі управління ефективним споживанням обсягу електричної енергії аеропорту

Враховуючи актуальність питань енергозбереження, з метою ефективного управління споживанням електричної енергії пропонується організація в аеропортах відокремленої служби енергоменеджменту (СЕМ) [5, 6], безпосередньо підпорядкованої технічному директору аеропорту. Впровадження СЕМ спрямоване на забезпечення ефективної розробки та реалізації політики енергозбереження аеропорту з дотриманням впровадження нових енергозберігаючих технологій, підготовки кадрів з питань енергоефективності та дотримання правил безпеки авіації.

З метою вирішення вищезазначених завдань в статті пропонується системна модель (рис. 1), яка базується на вдосконаленій класичній замкненій схемі управління. В запропонованій моделі виявлені та встановлені інформаційні та управлінські зв'язки між СЕМ та під-

розділами аеропорту. Результатом реалізації моделі управління є розробка комплексу практичних рекомендацій щодо управління споживанням електричної енергії аеропорту.

Розглянемо детально функціонування найважливіших блоків запропонованої моделі:

1. Нормування питомих витрат електричної енергії.

Нормування енергоспоживання [7] – важлива область технічного нормування засобів виробництва і є первинною технічною базою планування енергопостачання.

На даний час в авіаційній галузі користуються нормами питомих витрат на основні виробничі процеси [8], які були розроблені Галузевою науково-дослідною лабораторією з питань енергозбереження та екологічної безпеки при інституті Украеропроект у 2000 р. Оскільки фактичні значення питомих витрат електричної енергії суттєво відрізняються від внутрішньогалузевих, то величина внутрішньогалузевої норми застаріла і потребує перегляду. Тому і метод нормування питомих витрат ПЕР на цей час для аеропортів не є результативним.

Для підвищення рівня ефективності системи нормування питомих витрат електричної енергії пропонується визначення норм питомих величин на основні види діяльності аеропорту для однорідних кластерів аеропортів за критерієм електроспоживання, оскільки, існуючі класифікації аеропортів відображають лише їх експлуатаційні ознаки.

Для оцінки аеропортів за технічними показниками було використано кластерний аналіз.

Алгоритм кластеризації включає наступні етапи [9]:
– формулювання матриці спостереження, яка містить найбільш повну характеристику множин, що вивчається і завдяки цьому відіграє найважливішу роль в проведеному дослідженні.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{w1} & x_{w2} & \dots & x_{wn} \end{bmatrix},$$

де w – кількість аеропортів, які аналізуються; n – кількість технічних показників; x_{ik} – значення ознак k для одиниці i .

– стандартизація ознак з метою їх узгодження по одиницям вимірювання та властивостям об'єктів за допомогою формул:

$$Z_{ik} = \frac{x_{ik} - \bar{x}_k}{s_k},$$

$$\text{де } \bar{x}_k = \frac{1}{w} \sum_{i=1}^k x_{ik}.$$

$$s_k = \sqrt{\frac{1}{w} \sum_{i=1}^w (x_{ik} - \bar{x}_k)^2},$$

де $k=1,2,\dots,n$ – значення ознаки k для одиниці i ; \bar{x}_k – середнє арифметичне значення ознаки k ; s_k – стандартне відхилення ознаки k для одиниці i .

– визначення центроїду кластеру та присвоєння кожного об'єкту до найближчого центроїду на основі евклідової відстані.

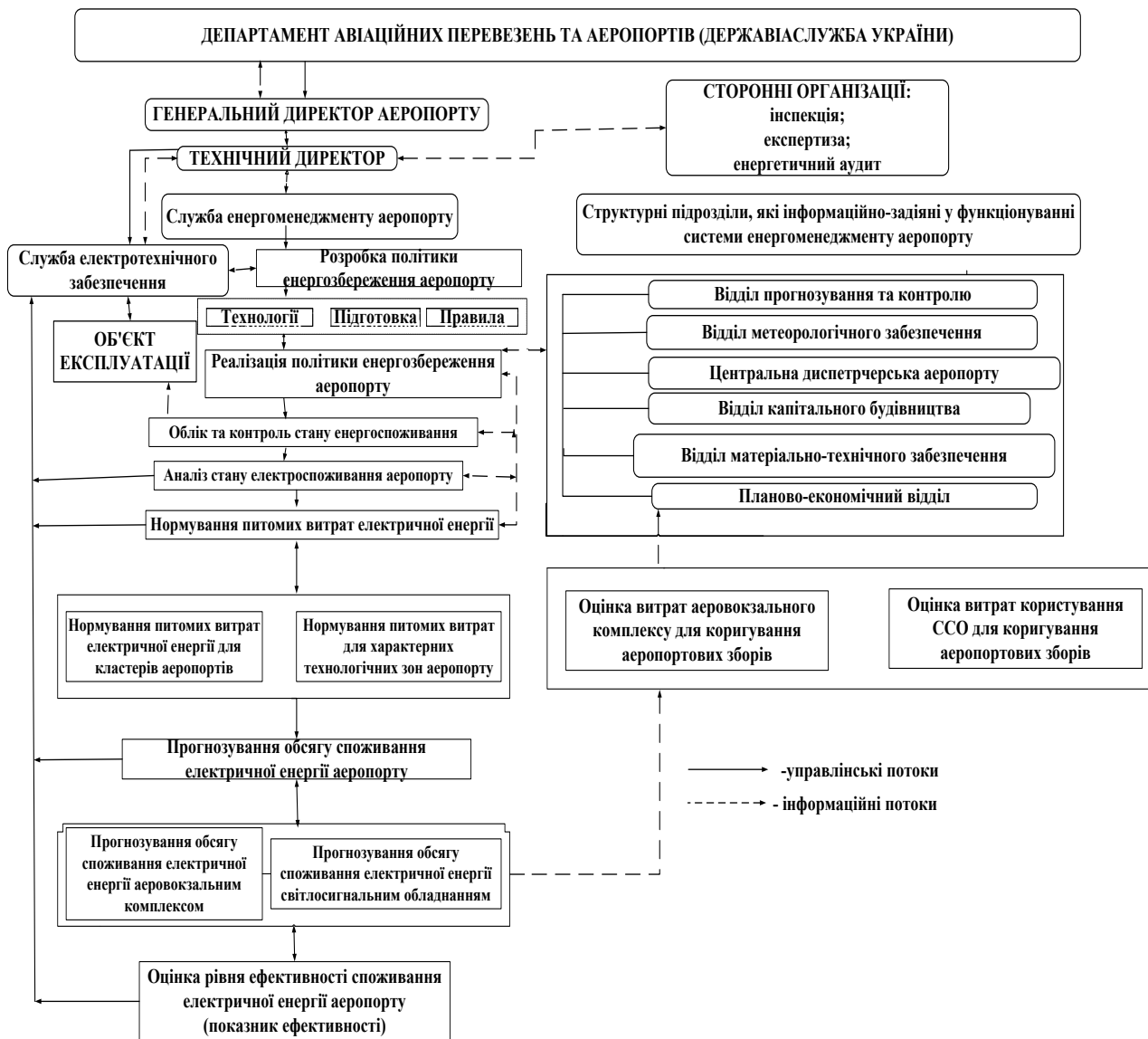


Рис. 1. Системна модель управління ефективним споживання обсягу електричної енергії аеропорту

За результатами кластерного аналізу отримано кластери аеропортів, що стало підґрунтям розроблення норм питомих витрат електричної енергії.

В процесі зміни вихідних даних, аеропорти можуть переходити з групи в групу, тому найдоцільніше буде щорічно переглядати встановлені норми.

Оскільки обсяги електроспоживання аеропортів навіть в межах одного кластеру можуть суттєво відрізнятись, – пропонується методика нормування питомих витрат електричної енергії для характерних технологічних об'єктів аеропорту з метою виявлення енергоємних зон об'єктів аеропорту [10] в межах одного кластеру. Так, на прикладі зльотно-посадкової смуги (ЗПС) необхідно визначити питомі витрати електричної енергії для кожної із зон ЗПС аеропорту використавши розрахунково-статистичний метод [11]:

$$w_{\text{пит}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot n_i}{1 \cdot 1000},$$

де $w_{\text{пит}}$ – питоме споживання електричної енергії зони ЗПС, Вт/м; P_i – споживана потужність кожного з типів ССО, Вт; n_i – кількість ламп певного типу, од; l – довжина зони ЗПС, м.

Контроль ефективності використання електроенергії ЗПС полягає у порівнянні фактичних питомих витрат електричної енергії кожної із зон ЗПС аеропортів з однаковими категоріями між собою та з «ідеальною» ЗПС. Ідеалом є ЗПС із використанням сучасних енергоефективних технологій. Такий підхід дозволить визначити найбільш енергоємну зону для першочергового застосування енергозберігаючих заходів та ефективно проводити фінансово – економічний аналіз при модернізації об'єктів.

На рис. 2 наведено алгоритм нормування питомих витрат електричної енергії для об'єктів аеропорту.

Відповідальними службами ефективної роботи методу нормування визначаються: СЕМ аеропорту, служба електротехнічного забезпечення, планово-економічний відділ тощо.

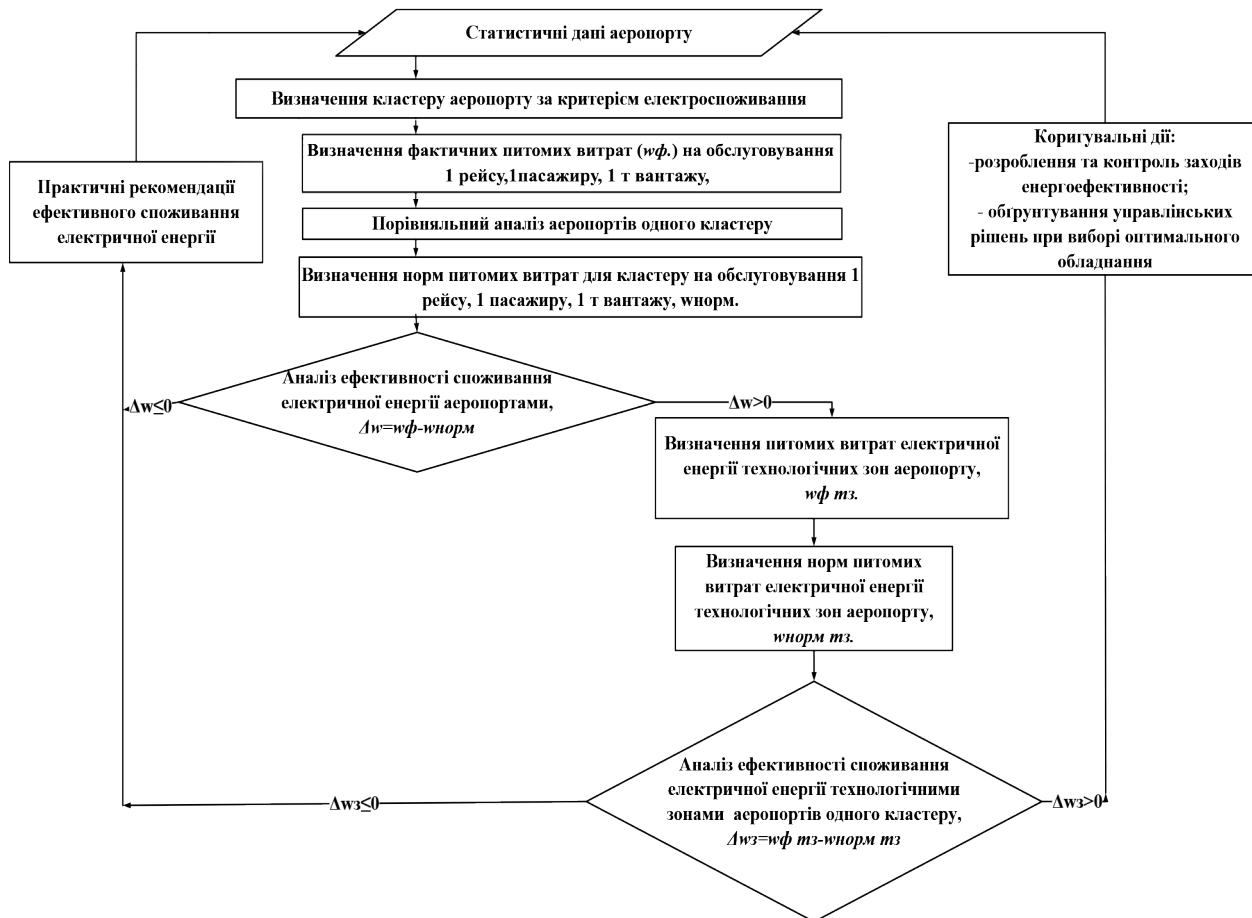


Рис. 2. Алгоритм нормування питомих витрат електричної енергії для об'єктів аеропорту

Застосування нових підходів нормування питомих витрат електричної енергії сприятиме створенню дієвої та ефективної системи нормування енерговитрат для аеропортів України. Процедура розробки норм питомих витрат ПЕР не є разовою, її ефективність залежить від того, на скільки гнучко будуть змінюватися норми в залежності від змін фактичних питомих витрат ПЕР, тому найдоцільніше буде щорічно переглядати встановлені норми та розподіл аеропортів на кластери.

2. Прогнозування обсягу споживання електричної енергії аеропорту

Вибір ефективного методу прогнозування [11, 12] дозволить забезпечити раціональне споживання електричної енергії об'єктами підприємств на прогностичний період та підвищити якість управління споживанням електричної енергії аеропортів, тому прогнозування електроспоживання є одним із найважливіших завдань управління. На рис. 3 наведено алгоритм прогнозування обсягу споживання електричної енергії для об'єктів аеропорту.

На основі статистичних даних аеропорту проводиться вибір об'єкту для прогнозування обсягу споживання електричної енергії аеропорту із врахуванням специфіки його обладнання. В якості об'єктів в роботі розглядалися аеровокзальний комплекс та аеродром.

На основі розробленого алгоритму ймовірно прогнозування обсягів споживання електричної енергії аеровокзалу [13] визначаються:

– максимально можливе значення активної потужності (W_c) на одиницю часу, яке розраховується за формулою:

$$W_c = \int_0^{24} P_H dt ;$$

– середнє значення потужності (P_{cp}), яке дорівнює:

$$P_{cp} = \frac{W_c}{24} = \frac{\int_0^{24} P_n dt}{24} ;$$

– значення коефіцієнту навантаження (k_n) для оцінювання ступеню нерівномірності добового графіка розраховуються за формулою:

$$k_n = \frac{P_{cp}}{P_{max}} ,$$

де P_{max} – максимальна потужність споживача електричної енергії;

– коефіцієнт максимуму потужності (k_m) визначається за формулою:

$$k_m = \frac{P_{max}}{P_{cp}} .$$

Коефіцієнт максимуму активної потужності є інтегральною характеристикою добової нерівномірності навантаження електричної мережі.

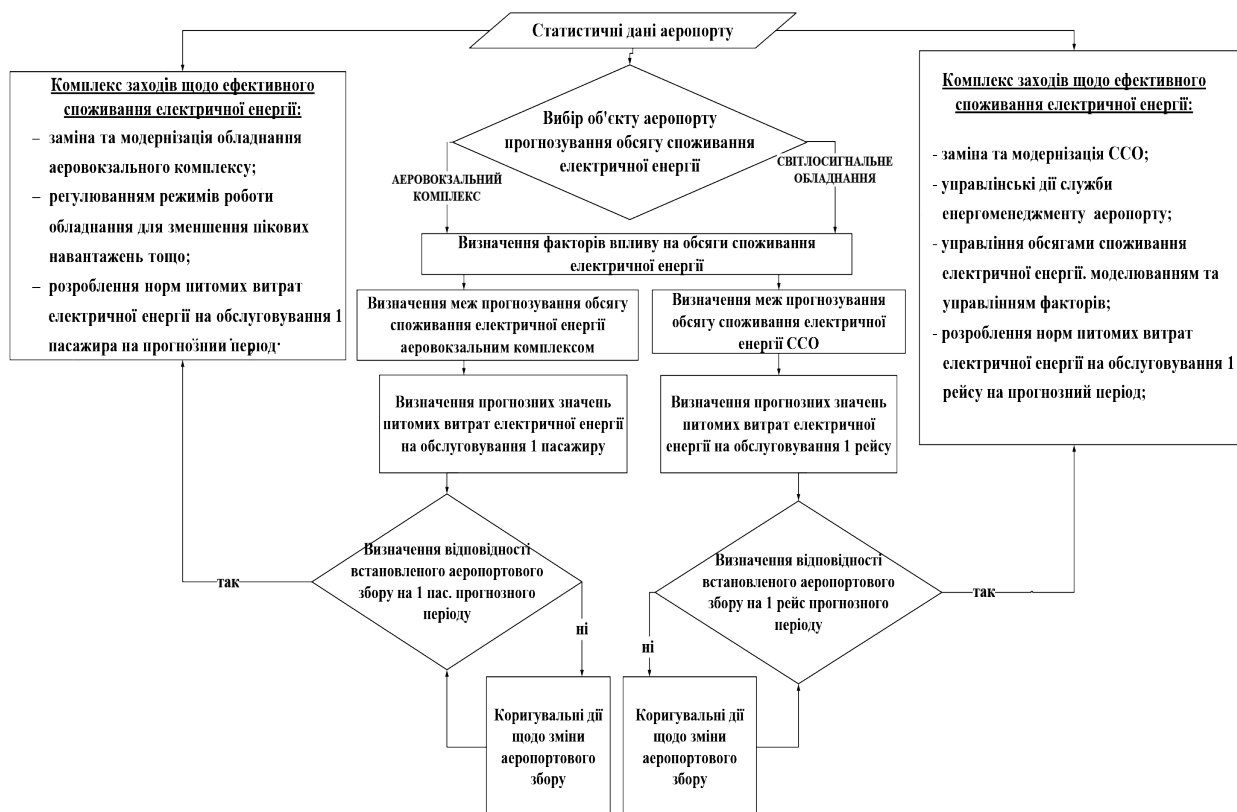


Рис. 3. Алгоритм прогнозування обсягу споживання електричної енергії для об'єктів аеропорту

За добовими графіками будують річні графіки навантаження, на яких відображається тривалість роботи кожного типу навантаження протягом року. Це дозволить окрім проведення якісного прогнозування, надати можливість регулювання режимів роботи обладнання та виявлення пікових навантажень. На основі отриманих значень визначаються питомі витрати електричної енергії на 1 пасажир. За результатами прогнозування перевіряється відповідність встановлених значень аеропортового збору на обслуговування 1 пасажир з прогнозними значеннями обсягу споживання електричної енергії для об'єктів.

Для прогнозування обсягу споживання електричної енергії світлосигнальним обладнанням (ССО) [14] було розроблено лінійну багатофакторну математичну модель, яка для аеропорту «Київ» (Жуляни) має наступний вигляд:

$$\bar{y} = 195228,81 + 7,8656x_1 - 90,9514x_2 + 13,2311x_3,$$

де x_1, x_2, x_3 – фактори впливу на обсяги споживання електричної енергії, відповідно кількість рейсів, якість світлосигнального обладнання, частота застосування ССО в залежності від метеумов.

Для отримання загальної лінійної багатофакторної прогнозувальної моделі використано класичний метод найменших квадратів. З метою перевірки адекватності моделі [15]: було проведено тестування наявності мультиколінеарності, гетероскедастичності (параметричний тест Гольдфенльда-Квандта) та

автокореляції (d-тест Дарбіна-Уотсона). Мультиколінеарність та гетероскедастичність відсутні.

Наступним кроком досліджень отримані межі довірчого інтервалу обсягу споживання електричної енергії на майбутній період.

Отримані дані можливих меж витрат електричної енергії ССО дозволяють:

- сформулювати упереджувальні пропозиції щодо зміни аеропортових зборів, в яких враховуються витрати на користування ССО (збори за зліт-посадку, відокремлені збори за використання ССО);

- розробляти комплекс енергозберігаючих заходів, у т. ч. з урахуванням планів проведення реконструкції існуючої інфраструктури, а саме: подовження злітно-посадкової смуги. Запорукою здійснення тенденції зменшення електроспоживання є заміна та модернізація ССО та застосування можливих заходів з енергозбереження для систем ССО;

- аргументувати управлінські дії фахівців служби енергоменеджменту аеропорту.

Використання результатів прогнозу електроспоживання для авіапідприємств і аеропортів, в тому числі, дозволяє в подальшому управляти наступними показниками:

- зниження рівня штрафів за недостатню, або надлишкову оцінку прогнозування споживання електричної енергії на майбутній період;

- зменшення розриву між запланованими та фактичними значеннями обсягу електричної енергії;

- оцінка рівня ефективності споживання електричної енергії аеропорту.

Необхідним етапом щодо якісного управління енергоспоживанням аеропорту є вибір показника енергоефективності. Відповідно до діючих нормативних законів застосовується ряд показників з енергоефективності. Враховуючи специфіку роботи аеропорту [16] показниками можуть бути визначені питомі витрати енергетичних ресурсів та коефіцієнт енерговикористання, в окремих випадках. Крім того, норми енергоспоживання дозволяють об'єктивно оцінювати енерговикористання в умовах зміни обсягу авіатранспортних послуг. Це дозволить якісно оцінити ефективність споживання електричної енергії різними об'єктами аеропорту та в разі необхідності виконання коригуючі дій.

5. Апробація результатів використаної моделі прогнозування обсягу споживання об'єктами аеропорту «Київ» (Жуляни, Україна) електричної енергії

З метою апробації моделі управління ефективністю споживання електричної енергії, авторами були використані статистичні дані аеропорту «Київ» (Жуляни, Україна) [17].

На основі розроблених моделей, методів, алгоритмів було отримано прогнозні значення обсягу споживання електричної енергії аеропорту «Київ» (Жуляни) на період до 2017 р. та обчислені питомі величини основних видів діяльності аеропорту. Прогнозні значення кількості обслуговування рейсів та пасажирів були отримані у відповідних структурних підрозділах аеропорту (відділ прогнозування та контролю, відділ метеорологічного забезпечення тощо) наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Прогнозування обсягу споживання електричної енергії для об'єктів аеропорту

| Підрозділи/роки | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|---------------------------------------|---------|-------------|----------|----------|-------------|
| Аеровокзальний комплекс | | | | | |
| Спожи-вання ел.ен., МВт*год | 858,5 | 867,2 | 919,8 | 963,6 | 1007,4 |
| Світлотехнічне обладнання | | | | | |
| Спожи-вання ел.ен., МВт*год | 420,4 | 441,67 | 474,58 | 497,19 | 532,6 |
| Витрати за спож. ел.ен., тис. грн | 510,6 | 670,6 | 900,7 | 1179,5 | 1579,5 |
| Кількість рейсів | 28000 | 30880 | 34590 | 37700 | 41850 |
| Кількість пасажирів | 1176000 | 1544000 | 2075400 | 2450500 | 2803950 |
| Аеропорт | | | | | |
| Споживання ел.ен. МВт*год | 3654 | 3739,628571 | 3983,943 | 4173,686 | 4400 |
| Питомі величини | | | | | |
| Обслуго-вування 1пас., кВт*год/1 пас. | 3,107 | 2,42 | 1,9 | 1,70 | 1,569 |
| Обслуго-вування 1рейсу, кВт*год/рейс | 130,5 | 121,1019615 | 115,1761 | 110,7078 | 105,1373955 |

За результатами апробації моделі системи управління ефективністю споживання електричної енергії аеропортів, виявлено підвищення рівня ефективності споживання електричної енергії на 1 пасажирів та на 1 рейс. Система нормування дозволила визначити відповідні норми питомих витрат для аеропортів базового періоду. Система багатфакторного прогнозування дозволила здійснити управління споживання електричної енергії за рахунок зменшення цих показників на прогнозний період. Ефективність даних заходів збільшується шляхом поетапного впровадження комплексу практичних рекомендацій.

Постійний моніторинг стану споживання електричної енергії об'єктами аеропорту, нормування та прогнозування енергосистеми є запорукою підвищення рівня його енергетичної безпеки.

6. Висновки

1. На основі аналізу методів та моделей управління ефективністю споживання електричної енергії аеропортами сформульовано основні вимоги для розроблення системної моделі управління ефективністю споживання електричної енергії аеропорту, а саме вдосконалення організаційної структури енергетичного господарства шляхом чіткого розподілу функцій і завдань, розв'язуваних в окремих його службах та збільшення надійності роботи виробничих підрозділів підприємства за рахунок підвищення якості енергопостачання і забезпечення ефективного обслуговування енергетичного устаткування.

2. Аналіз існуючої системи нормування питомих витрат електричної енергії аеропортів став підґрунтям для вдосконалення методу нормування питомих витрат електричної енергії.

3. Розроблено методику та алгоритм нормування питомих витрат електричної енергії об'єктів аеропорту, яка базується на розробленні норм питомих витрат електричної енергії для кластерів аеропорту за показниками електроспоживання та норм питомих витрат електричної енергії для характерних виробничих зон аеропорту з метою виявлення енергоємних ділянок для першочергового впровадження енергозберігаючих заходів.

4. З метою управління ефективністю споживання електричної енергії аеропортами за допомогою методу кластерного аналізу визначено їх кластери за показниками електроспоживання, що дозволить підвищити рівень ефективної роботи нормування запровадженням норм енерговитрат для однорідних кластерів аеропортів.

5. Розроблено методику та алгоритм прогнозування обсягу споживання електричної енергії для об'єктів аеропорту із врахуванням специфіки його обладнання, що дозволить уникнути пікових навантажень шляхом регулювання режимів роботи.

6. Розроблено системну модель управління ефективністю споживання електричної енергії аеропортами, яка базується на вдосконаленій класичній замкненій схемі управління. Вияв-

лені та встановлені інформаційні та управлінські зв'язки між службою енергоменеджменту та підрозділами аеропорту. Вдосконалений метод нормування дозволить визначити відповідні норми питомих витрат для аеропортів базового періоду. Система багатофакторного прогнозування дозволить здійснювати управління споживанням електричної енергії за рахунок змен-

шення цих показників на прогнозний період. Такий підхід дозволить забезпечити ефективну реалізацію політики енергозбереження аеропорту та є запорукою підвищення енергетичної безпеки. Використання моделі дозволяє підвищити ефективність діяльності аеропорту, що підтверджує актуальність та практичну цінність даного дослідження.

Література

1. Кисіль, С. В. Аналіз використання паливно-енергетичних ресурсів окремим структурним підрозділом залізниці [Текст] / С. В. Кисіль // Енергосбереження. Енергетика. Енергоаудит. – 2012. – № 03 (97). – С. 11–15.
2. Розен, В. П. Управління режимом електроспоживання промислового підприємства [Текст] / В. П. Розен, // Промелектро. – 2005. – № 6. – С. 35–41.
3. Розен, В. П. Методологія бенчмаркінгу енергоефективності для промисловості України [Текст] / В. П. Розен, Б. Л. Тишкевич, П. В. Розен // Енергосбереження. Енергетика. Енергоаудит. – 2012. – № 6(100). – С. 9–19.
4. Розен, В. П. Концепция разработки системы энергетического мониторинга в организациях бюджетной сферы [Текст] / В. П. Розен, Е. А. Ячник, В. И. Литвин // Енергосбереження. Енергетика. Енергоаудит. – 2009. – № 10. – С. 9–16.
5. Розен, В. ДСТУ 5077:2008 Енергосбереження. Системы энергетического менеджмента промышленных предприятий. Проверка и контроль эффективности функционирования [Текст] / В. Розен, О. Соловей, А. Чернявский та ін. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 25 с.
6. Розен, В. П. Анализ стандартов в области энергетического менеджмента в Украине и за рубежом [Текст] : шоста міжн. наук.-практ. конф. / В. Розен, А. Чернявский, Н. Соколова // Енергетична безпека та енергоменеджмент: підвищення енергоефективності на транспорті. – Одеса: Оберіг, 2011. – С. 121–126.
7. Кудрин, Б. И. Электроснабжение, оперативное и планируемое нормирование расхода электроэнергии, энергосбережение [Текст] / Б. И. Кудрин // Электрика. – 2007. – № 4. – С. 3–6.
8. Методичні рекомендації з нормування питомих витрат паливно - енергетичних ресурсів (ПЕР) на авіаційному транспорті [Текст] / К.: Украерорух, 2000. – 11 с.
9. Розен, В. П. Методика класифікації аеропортів за чинниками впливу електроспоживання [Текст] / В. П. Розен, В. Козлов, Н. Соколова, О. Табунець // Промелектро. – 2010. – № 2. – С. 33–37.
10. Соколова, Н. П. Розроблення нового підходу щодо нормування питомих витрат електричної енергії аеропортів [Текст] / Н. П. Соколова // Комп'ютерно - інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. – 2011. – № 7. – С. 151–157.
11. Чумаченко, Е. И. Алгоритм решения задачи прогнозирования [Текст] / Е. И. Чумаченко, В. Горбатюк // Искусственный интеллект. – 2012. – № 2. – С. 24–30.
12. Калинин, В. П. Оперативное прогнозирование и управление электропотреблением [Текст] / В. П. Калинин. – В кн.: Электрические нагрузки и электропотребление в новых условиях хозяйствования. – М.: Знание, 1989. – С. 108–111.
13. Соколова, Н. П. Моделювання та програмне забезпечення прогнозування споживання електричної енергії об'єктами аеропорту [Текст] / Н. П. Соколова // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – Т. 2, №8 (68). – С. 8–12.
14. Лецинський, О. Л. Модель прогнозування обсягу споживання електричної енергії світлосигнального обладнання аеропорту [Текст] / О. Лецинський, В. Коновалюк, Н. Соколова // Технологический аудит и резервы производства. – 2014. – Т. 2, № 1 (16). – С. 27–31.
15. Лецинський, О. Л. Економетрія [Текст] : навч. посіб./ О. Лецинський, В. Рязанцев, О. Юнькова – К.: МАУП, 2003. – 208 с.
16. Величко, Ю. К. Электроснабжение аэропортов [Текст] / Ю. К. Величко. – К. : КМУГА, 1996. – 312 с.
17. Офіційний сайт Міжнародного аеропорту «Київ» (Жуляни) [Електронний ресурс] / Режим доступу: www.airport.kiev.ua. – Назва з екрану.