

5. Davydenko V.A., Davydenko L.V. Evaluation of energy level of object of complex systems as problem energotechnological multidimensional comparative / Visnyk KhNTUSH im. P. Vasylenko. Tehnichni nauky. Vypusk 116 "Problemy energozabezpechennia ta energozberezhennia v APK Ukraine", 2011, pp. 76-78.

6. Davydenko V.A., Davydenko L.V. Assessment level energy efficiency of complex manufacturing systems with position classification multicriterial / Visnyk KhNTUSH im. P. Vasylenko. Tehnichni nauky. Vypusk 142 "Problemy energozabezpechennia ta energozberezhennia v APK Ukraine", 2013, pp. 6-8.

7. Nakhodov V., Borichenko O., Ivanko D. Control of energy consumption efficiency in the energy management system / Visnyk KNUTD, 2013, no 6, pp. 67-77.

8. Nakhodov V. F., Borychenko O. V. Concept of building integrated control system of efficiency of electric energy in production / Energetika: ekonomika, tehnolohiyi, ekolohiya, 2013, no 1, pp. 72-78.

9. Nakhodov V. F., Borychenko O. V. Control process of performance setting "standards" in system operating control effectiveness of energy exploitation / Visnyk NTUU "KPI". Seria "Hirnystvo". Vypusk 24, 2014, pp. 111-119.

10. Rosen V.P., Davydenko L.V., Davydenko V.A. Shewhart control carts using for efficiency control of public water systems power consumption / Visnyk Kremenchutskoho derzhavnoho politechnoho universytetu im. M. Ostrohradskoho, 2012, no 1/2012(42) Part.1, pp. 31-35.

УДК 504.064.36:658.26

Давыденко Л.В., канд.техн.наук, доцент

Луцкий национальный технический университет

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЯ ВОДОПРОВОДНО- КАНАЛИЗАЦИОННОГО ХОЗЯЙСТВА

Обсуждаются вопросы организации мониторинга энергоэффективности как элемента системы управления эффективностью энергопотребления. Целью исследования является формирование принципов совершенствования процесса мониторинга энергоэффективности предприятия водопроводно-канализационного хозяйства. Разработан алгоритм мониторинга энергоэффективности, который обеспечивает интеграцию его функций, процедур сравнительного анализа и современных тенденций построения систем контроля и планирования энергопотребления. Описаны принципы реализации функций мониторинга энергоэффективности и их составляющих с учетом задач системы мониторинга, а также специфики организации режима эффективного энергопотребления в системе водоснабжения-водоотведения. Сформулированные принципы построения системы мониторинга энергоэффективности охватывают процедуры, которые позволяют учитывать достижения объекта исследования и лучшие практики энергоэффективности, что способствует принятию результативных управленческих решений направленных на повышение энергоэффективности предприятия.

Ключевые слова: эффективное энергопотребления, система мониторинга энергоэффективности.

Надійшла 01.06.2015

Received 01.06.2015

УДК 697.34

ШОВКАЛЮК М.М., канд. техн. наук, доцент; ВОЙНАЛОВИЧ Н.О., магістр

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ТА ОЦІНКА ВПЛИВУ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ФАКТОРІВ НАВЧАЛЬНИХ КОРПУСІВ

Метою дослідження є визначення та аналіз факторів, що впливають на енергоспоживання будівель навчальних корпусів. Розроблено математичну модель у відповідності до діючих нормативних вимог для оцінювання впливу різних архітектурно-будівельних та експлуатаційних факторів на витрати теплоти будівлями навчальних закладів. Здійснено кластерний аналіз для навчальних корпусів за статистичними даними теплоспоживання об'єктами НТУУ «КПІ». Запропоновано регресійні залежності для здійснення моніторингу і аналізу теплоспоживання.

Ключові слова: теплоспоживання, навчальні корпуси, експлуатаційні фактори, кластеризація, регресійний аналіз.

Вступ

У зв'язку з нестабільною ситуацією на енергетичному ринку з кожним роком більшого поширення набуває моніторинг і аналіз енергоспоживання об'єктів галузі освіти. Для визначення проблеми перевитрати енергії необхідно володіти всією наявною інформацією щодо факторів, які спровокували цю проблему. Детальне дослідження дозволить визначити можливі шляхи економії енергоресурсів, зберігаючи оптимальні умови комфортності в приміщеннях. Розробка нових й удосконалення існуючих підходів до оцінювання енергоефективності, побудови системи управління процесами споживання енергії об'єктами ВНЗ є актуальними завданнями та мають науковий і практичний інтерес.

Здійснивши дослідження існуючих наукових праць, можна зробити висновок, що питання прогнозування енергоспоживання є актуальним. Параметри мікроклімату в закладах бюджетної сфери часто не відповідають нормативним [1], за таких умов важко дотримуватись норм споживання електричної та теплової енергії [2]. Тому на сьогоднішній день фахівці в сфері енергозбереження та енергоменеджменту шукають шляхи вирішення зазначених проблем. В статті [3] представлені результати проведення структурного аналізу використання енергії об'єктами освітніх закладів, а також визначено фактори, що впливають на енергоспоживання ВНЗ. В [4] вирішено питання використання регресії для прогнозування електроспоживання ВНЗ.

Мета та завдання

Оскільки витрати на теплову енергію займають значне місце в загальних витратах на енергоносії закладів бюджетної сфери, а саме вищих навчальних закладів, то доцільним є розгляд та аналіз факторів, які впливають саме на теплоспоживання об'єктів. Це є основним завданням даного дослідження.

Матеріал і результати досліджень

Об'єктами дослідження є навчальні корпуси НТУУ «КПІ». На початку досліджень збиралася та уточнювалася вихідна інформація по навчальним корпусам за 7 років, зокрема наступні дані: споживання електро- та теплоенергії, площа, об'єм приміщень, кількість людей, площа огорожень (стіни, вікон по фасадам), коефіцієнт скління, компактність будівель, теплофізичні характеристики шарів зовнішніх стін, термічний опір вікон, погодні умови, характеристики споживачів, тощо.

Витрати на теплову енергію займають найбільшу частку (до 80%) в порівнянні з витратами на електричну енергію та водопостачання [5].

Основними споживачами теплової енергії НТУУ «КПІ» є:

- студмістечко – 44,5%;
- навчальні корпуси – 43,5 %;
- військове містечко – 5,2 %;
- інші об'єкти – 6,8 %.

Нижче на рисунку 1 показано розподіл споживання теплової енергії об'єктами НТУУ «КПІ» за два послідовних роки [5].

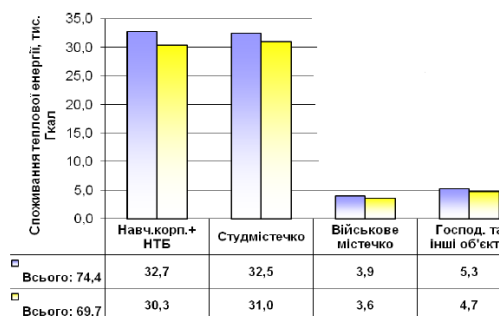


Рисунок 1 – Розподіл споживання теплової енергії між об'єктами НТУУ «КПІ»

Оскільки навчальні корпуси споживають близько 44% теплової енергії, доцільно більш детально дослідити цей сегмент з метою можливості впливу в подальшому на рівень енергоефективності ВНЗ.

За методикою, що відповідає діючим нормативним вимогам [6] щодо визначення теплоспоживання громадських будівель, авторами було створено програму для можливості аналізу впливу вагомих факторів на питомі витрати теплоти навчальних корпусів.

Основними етапами проведеного дослідження є:

- 1) вибір населеного пункту;
- 2) визначення типу будинку та його призначення;
- 3) визначення геометричних та об'ємно-планувальних, теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій та орієнтації будинку;
- 4) визначення конструкційних характеристик світлопрозорих конструкцій, системи опалення, будинку в цілому;

5) розрахунок приведенного, умовного та загального коефіцієнта теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку, загальних тепловтрат, побутових теплонадходжень, надходжень теплоти від сонячної радіації;

6) розрахунок витрат теплової енергії та питомих тепловитрат на опалення будинку.

Розроблена модель дозволяє оцінювати вплив архітектурних особливостей будівель, а також різних геометричних та експлуатаційних факторів для навчальних корпусів. У якості базового варіанту для дослідження обрано навчальний корпус №22 ІЕЕ НТУУ «КПІ», для якого була зібрана детальна інформація щодо теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій, площ та об'ємів приміщень, характеристики системи опалення, теплові надходження від побутових приладів і людей, тощо. За розробленою моделлю було виконано розрахунок теплоспоживання будівлі. Далі проводився аналіз впливу різних вагомих факторів на питоме теплоспоживання.

На рисунку 2 представлена залежність питомих витрат теплоти від коефіцієнту скління $m_{скл}$ при різних значення опору теплопередачі світлопрозорих огорожувальних конструкцій R , ($m^2 \cdot K$)/Вт.

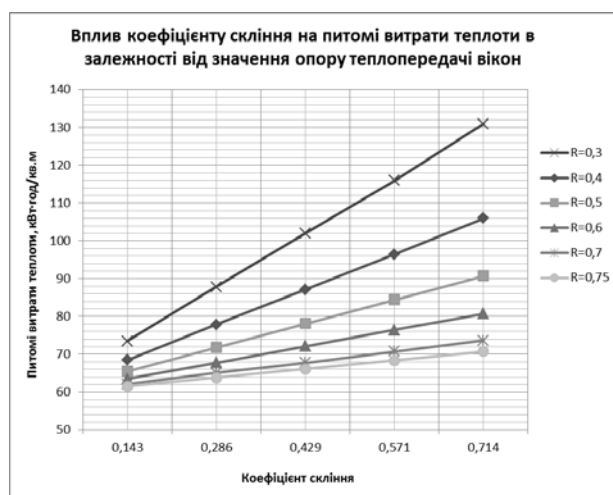


Рисунок 2 – Вплив коефіцієнту скління на q , кВт-год/ m^2 , в залежності від значення опору теплопередачі вікон

У випадку, коли опір теплопередачі вікон дорівнює 0,75 ($m^2 \cdot K$)/Вт при зміні коефіцієнту скління на 80%, питомі витрати теплоти збільшаться на 13,01%, в той час як для випадку, коли опір теплопередачі вікон дорівнює 0,3 ($m^2 \cdot K$)/Вт, при такій же зміні коефіцієнту скління, питомі теплові витрати збільшаться на 43,89%.

Залежність питомих теплових витрат від кількості днів опалювального періоду зображена на рис. 3.

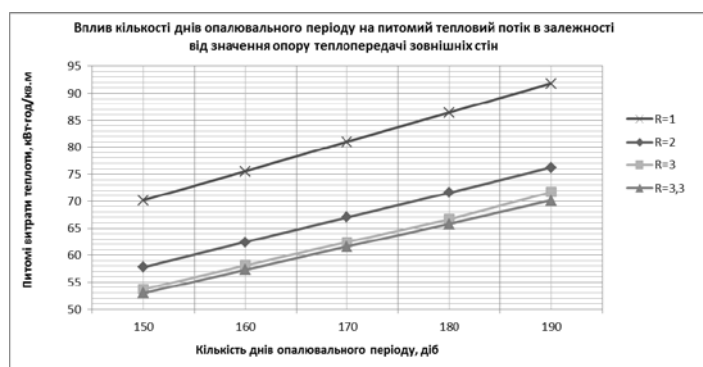


Рисунок 3 – Вплив кількості днів опалювального періоду на питомі витрати теплоти в залежності від значення опору теплопередачі зовнішніх стін

Як видно з рисунку, для випадків з різними значеннями опору теплопередачі R , ($m^2 \cdot K$)/Вт, зміна питомих теплових витрат складає близько 25%.

Виконаємо порівняльний аналіз впливу стану огорожень на питомі витрати теплоти для різних кліматичних умов. Базовий варіант – фактичний стан огорожувальних конструкцій навчального корпусу 22 КПІ (будівля масової забудови з великою площею застління, опір теплопередачі стін та вікон значно нижче діючих на сьогодні норм [1]). Також розглянуто варіант після теплової санації будівлі (значення

опору теплопередачі усіх огорожувальних конструкцій дорівнює нормативним значенням). Результати проведеного розрахунку приведені на рис.4.

Аналіз зміни питомого теплоспоживання відносно базового варіанту зведено у таблицю 1.

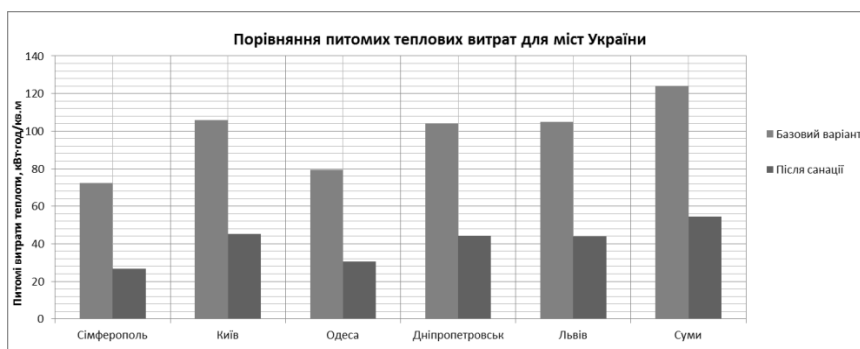


Рисунок 4 – Порівняння питомих теплових витрат для міст України

Таблиця 1.

Місто	Базовий варіант q , (кВт год)/м ²	Після санації q , (кВт год)/м ²	Δq , %
Сімферополь	72,4	26,8	170,149
Київ	106	45,1	135,033
Одеса	79,3	30,7	158,306
Дніпропетровськ	104	44,2	135,294
Львів	105	44	138,636
Суми	124	54,5	127,523

Для побудови регресійних залежностей за допомогою пакету програм Statistica 6 було прийнято рішення розподілити корпуси за певними ознаками і в межах кожної групи провести регресійний аналіз. Кластерний аналіз здійснювався за трьома факторами: споживання теплової енергії, споживання електричної енергії та об'єм приміщень. В результаті всі корпуси КПП були поділені на 5 кластерів (рис.5).

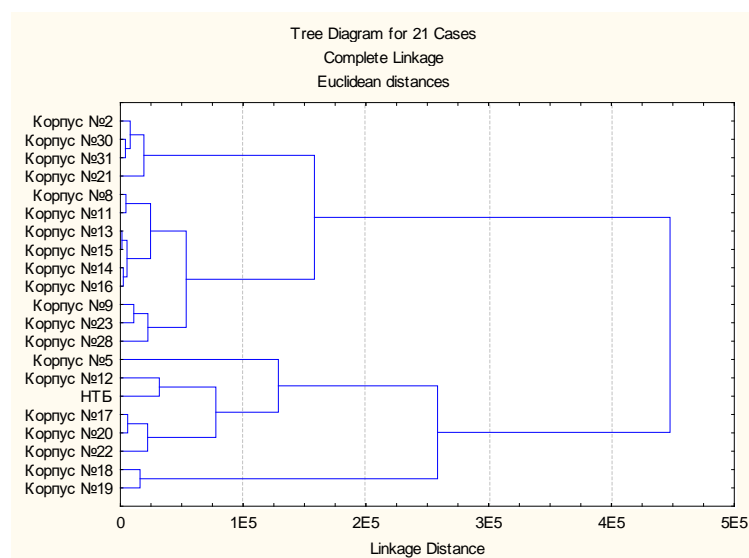


Рисунок 5 - Дендрограма результатів кластерного аналізу

В ході проведеного дослідження для кожного кластеру були побудовані регресійні моделі, які дозволяють прогнозувати теплоспоживання об'єкту в залежності від зміни погодних умов з урахуванням конструктивних особливостей будівлі.

На першому етапі дослідження в межах кожного кластеру було отримано загальну модель для опалювального періоду. Середнє відхилення основної прогнозного та фактичного теплоспоживання знаходиться в межах 15%, проте для окремих об'єктів є досить значним, зважаючи на те, що у базі даних відсутня точна інформація відносно фактичної кількості діб опалювального періоду за кожен місяць і фактичних температурних умов ($t_{вн}$) у кожній будівлі. Ці дані у майбутньому потрібно моніторити і збирати для можливості уточнення результатів розрахунків за подібними моделями. На другому етапі дослідження було вирішено поділити місяці опалювального періоду на дві групи: зимовий та весняно-осінній період. Для зимових місяців розраховане за побудованими регресійними залежностями теплоспоживання досить точно співпадало з фактичним. Кількість градусо-діб в перехідні місяці коливається в межах від 117 до 622, відповідно теплоспоживання також знаходиться в широкому діапазоні, тому вивести загальне рівняння для перехідного опалювального періоду не вдалося ($R^2 \approx 0,5$, а також відхилення прогнозного теплоспоживання від фактичного досить значне). Для отримання більш точних результатів доцільно розглядати кожен корпус окремо, не об'єднуючи в кластери, що і було здійснено на третьому етапі, хоча цей підхід досить трудомісткий. Отримані рівняння регресійного аналізу наведені в таблиці 2.

Таблиця 2. Узагальнена таблиця регресійного аналізу за кластерами

Кластер	Загальне рівняння	Коефіцієнт детермінації, R^2	Середнє відхилення прогнозного питомого тепло споживання від фактичного, %
1	$y = 0,000034 \cdot x_1 - 0,345872 \cdot x_2 + 0,000019 \cdot x_7 + 0,064902$	0,774	12
2	$y = 0,000021 \cdot x_1 - 0,000003 \cdot x_3 + 0,067193$	0,7739	10
3	$y = 0,000022 \cdot x_1 - 0,000014 \cdot x_4 - 0,000003 \cdot x_6 + 0,000002 \cdot x_5 - 0,049295$	0,8965	7
4	$y = 0,000031 \cdot x_1 - 0,100588 \cdot x_2 - 0,000002 \cdot x_3 + 0,011643$	0,9004	9
5	$y = 0,000023 \cdot x_1 - 0,000009 \cdot x_3 - 0,041781 \cdot x_2 + 0,000002 \cdot x_7 + 0,037468$	0,8484	11

Висновки

Проведено дослідження факторів, що впливають на теплоспоживання навчальних корпусів. Виконано розподіл навчальних корпусів ВНЗ за подібними ознаками та в межах кластеру запропоновані регресійні залежності, що дозволяють прогнозувати теплоспоживання навчальних корпусів з метою здійснення якісного моніторингу і аналізу службою енергоменеджменту університету.

Список літератури

1. Будинки і споруди. Будинки та споруди навчальних закладів / ДБН В.2.2-3-97 [Чинний з 01.01.1998 р.] – К.: Держкоммістобудування України, 1997, - 90 с.
2. Міжгалузеві норми споживання електричної та теплової енергії для установ і організацій бюджетної сфери України. Затверджені Держкомітетом України з енергозбереження 25.10.99. – К.: ЗАТ "ВПОЛ". – 2000р. – 104с.
3. Структурний аналіз енергоспоживання й енергозбереження в галузі освіти / Дешко В.І, Шевченко О.М//Наукові вісті НТУУ"КПІ"-2011-№6.-с.139-147.
4. Верхотуров О.М. Використання апарату множинної регресії в задачах аналізу, обліку і планування електроспоживання організацій, розосереджених в групі будівель / О.М.Верхотуров, В.І. Дешко, О.М. Шевченко // Вісник ХНТУСГ ім. П.Василенка. Вип. 87: праці міжнар. наук.-практ. конф. (8-9.10.2009р). – Харків: ХНТУСГ, 2009.– с.162.
5. Програма з енергоефективності НТУУ «КПІ» на 2012-2015 р. – К., 2012. - 108 с.
6. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорту будинків при новому будівництві та реконструкції : ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007. – [Чинний з 01.01.2008]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008. – 43 с. – (Державний стандарт України).

SHOVKALIUK M., VOINALOVYCH N.

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»

ANALYSIS OF ENERGY EFFICIENCY AND PERFORMANCE ASSESSMENT OF FACTORS EDUCATIONAL BUILDINGS

The study aims to identify and analyze the factors that affect the energy consumption of buildings of educational buildings. The mathematical model in accordance with applicable regulatory requirements for evaluating the impact of various architectural construction and operational factors of the cost of heat buildings

schools was developed. Done cluster analysis for educational buildings according to statistics heat consumption objects of NTUU "KPI". A regressive dependence for monitoring and analysis of heat consumption was proposed.

Key words: heat consumption, educational buildings, operational factors, clustering, regression analysis.

References

1. Buildings i structures. Buildings and facilities of educational institutions / DBN V.2.2-3-97 [Chynnyi z 01.01.1998 r.]– K.: Derzhkommistobuduvannia Ukrainy, 1997, - 90 s.
2. Intra rates of consumption of electricity and heat to establishments of public sector Ukraine. Zatverdzeni Derzhkomitetom Ukrainy z enerhozberezhennia 25.10.99. – K.: ZAT "VIPOL". – 2000r. – 104s.
3. Structural analysis of energy consumption and energy conservation education. /Deshko V.I, Shevchenko O.M//Naukovi visti NTUU"KPI"-2011-№6.-s.139-147.
4. Verkhoturov O.M. Using the device in multiple regression analysis tasks, accounting planning and power consumption of organizations dispersed a group of buildings / O.M.Verkhoturov, V.I. Deshko, O.M. Shevchenko // Visnyk KhNTUSH im. P.Vasylenka. Vyp. 87: pratsi mizhnar. nauk.-prakt. konf. (8-9.10.2009r). – Kharkiv: KhNTUSH, 2009.– s.162.
5. Program of energy efficiency NTUU "KPI" on 2012-2015 years. – K., 2012. - 108 s.
6. Guidelines for the development and preparation of energy passport of buildings for new construction and reconstruction : DSTU-N B A.2.2-5:2007. – [Chynnyi z 01.01.2008]. – K.: Minrehionbud Ukrainy, 2008. – 43 s. – (Derzhavnyi standart Ukrainy).

УДК 697.34

ШОВКАЛЮК М.М., канд. техн. наук, доцент; **ВОЙНАЛОВИЧ Н.А.**

**Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»
АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГИИ И ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ
ФАКТОРОВ УЧЕБНЫХ КОРПУСОВ**

Целью исследования является определение и анализ факторов, влияющих на энергопотребление зданий учебных корпусов. Разработана математическая модель в соответствии с действующими нормативными требованиями для оценки влияния различных архитектурно-строительных и эксплуатационных факторов на расходы теплоты зданиями учебных заведений. Осуществлен кластерный анализ для учебных корпусов по статистическим данным теплоснабжения объектами НТУУ «КПИ». Предложено регрессионные зависимости для осуществления мониторинга и анализа теплоснабжения.

Ключевые слова: теплоснабжение, учебные корпуса, эксплуатационные факторы, кластеризация, регрессионный анализ.

УДК 621.311

В. В. ЛІТВІНОВ, канд. техн. наук, доцент, **Я. С. САЧЕНКО**, магістр
Запорізька державна інженерна академія

НЕЧІТКО-ІМОВІРНІСНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ НАДІЙНОСТІ ПРИСТРОЇВ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ

В статті розглянута проблема визначення імовірності та ризику відмови пристроїв релейного захисту в умовах великої кількості невизначеностей. Удосконалено метод «дерева відмов» для оцінювання імовірності відмови схеми релейного захисту на інтервалі часу з урахуванням індивідуальних характеристик елементів розглядуваної схеми. Сформовано імовірнісно-статистичну модель для оцінювання ризику відмови пристроїв релейного захисту що містять мікропроцесорні реле та розроблено її складові. Для оцінювання технічного стану окремих одиниць обладнання розроблено ієрархічні нечіткі моделі трансформатора струму та мікропроцесорного реле. В якості вхідної інформації використано результати періодичних перевірок та параметри, що можна визначити в режимі «on-line» без виведення захисту в ремонт. Нечіткий вивід організовано за алгоритмом Мамдані.

Вступ. В останні роки електроенергетична система (ЕЕС) України працює в напружених умовах експлуатації, які є наслідком фізичного та морального старіння обладнання і слабких тенденцій до його заміни та модернізації через значні фінансові витрати [1]. Ця проблема є актуальною не тільки для силового та комутаційного обладнання ЕЕС, а й для вторинного обладнання, в тому числі для пристроїв