

## МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ДЛЯ ПОГЛИБЛЕНОГО АНАЛІЗУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТА УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯМ В ЗАКЛАДАХ ОСВІТИ

Фактором національної безпеки держави є зменшення енергозалежності і вжиття заходів з підвищення енергоефективності, а особливо у бюджетній сфері, адже близько 90% таких будівель не відповідають сучасним вимогам енергоефективності. Створення надійної системи управління енергоспоживанням, вибір заходів для зменшення витрати та диверсифікація джерел енергії є непростою задачею, що потребує розгляду процесів енергоспоживання будівель як комплексної проблеми з застосуванням сучасних інструментів системи енергоменеджменту, моделювання, застосування сучасних підходів до автоматизації та вимірювань.

Об'єкт дослідження – процеси енергоспоживання у закладах освіти. Предмет дослідження – енергетичні характеристики та методи управління енергоспоживанням в закладах освіти. Методи дослідження. Аналітичні методи, системний аналіз, синтез, моделювання, систематизація, метод порівняльного і структурного аналізу. Одним із завдань даного дослідження є огляд можливостей програмних продуктів, що можуть використовуватись енергоменеджерами закладів освіти для моніторингу, аналізу і прогнозування енергоспоживання, а також для створення звітності. Також в роботі проведено аналіз стану справ щодо управління енергоспоживанням на прикладі в КПІ ім. Ігоря Сікорського; надано пропозиції для розвитку системи автоматизованого енергомоніторингу, зокрема розроблено архітектуру веб-додатку з урахуванням підтримки існуючих баз даних для покращення процесу енергомоніторингу.

**Ключові слова:** заклад освіти, енергетичний моніторинг, енергоспоживання, енергоефективність, енергоменеджмент.

### Вступ

За останні роки в нашій державі введено в дію низку законів щодо регулювання у сфері енергоефективності, зокрема [1]. Відбувається гармонізація нормативно-правової бази з законодавством ЄС [2], впроваджуються нові ДБН, ДСТУ в сфері підвищення енергоефективності [3]. Зі вступом в дію Постанови КМУ від 23.12.2021 р. [4] обов'язковим є створення служби енергоменеджменту (СЕМ) органами місцевого самоврядування. Систематичний контроль і моніторинг рівня енерговитрат та ресурсів є основою процесу управління енергозбереженням і побудови ефективної СЕМ освітніх закладів. Підвищення енергоефективності об'єктів закладів освіти можливо досягти не лише за допомогою впровадження енергозберігаючих технологій, але й шляхом внесення змін у управління режимом роботи.

Наукові дослідження, що виконувалися на об'єктах закладів освіти включають розвиток підходів до управління енергоспоживанням [5,6], розробку пропозицій щодо розвитку системи енергоменеджменту [7-9] та енергоаудиту [10]; моніторинг [11] та аналіз енергоспоживання фонду будівель [12], моделювання енергетичних характеристик [15] та теплових режимів приміщень до та після впровадження заходів [13], а також розробку методик для прогнозування споживання з урахуванням вагомих факторів впливу [14].

Розвиток системи оперативного управління ефективністю використання паливно-енергетичних ресурсів, зокрема системи контролю та планування енергоспоживання, є актуальною на сьогодні проблемою в Україні. **Метою дослідження** є вивчення методів та засобів для поглибленого аналізу енергетичних характеристик та управління енергоспоживанням в закладах освіти. Дослідження здійснювалися в рамках виконання магістерської дисертації [16-18].

### Матеріал і результати досліджень

**Аналіз програмного забезпечення для енергомоніторингу та аналізу енергоспоживання.** В ході роботи було проведено огляд можливостей окремих поширених в Україні програм для використання енергоменеджерами та фахівцями у сфері енергоаудиту, енергосертифікації, управління споживанням:

-оперативний контроль і диспетчеризація: ACEM, Fela, Фіату, Display, СОКАТЕР, ENSI «Енергомонітор», ENSI «Муниципальне планування енергоефективності», EnergyPlan;

-проектний аналіз: EnergyPlus, DesignBuilder, Reetscreen, MEIC,

-енергообстеження та енергоаудит: DesignBuilder, Audytor-ozc, ENSI EAB.

Розглянуто методи та засоби, що використовувалися різними дослідниками для аналізу енергетичних характеристик об'єктів закладів освіти. Розробка проєктів підвищення енергоефективності з виконанням комплексної термомодернізації будівлі із модернізацією інженерних систем та автоматизації роботи обладнання з дотриманням норм можлива за допомогою енергетичного моделювання. Зокрема, моделювання споживання тепло-, електроенергії та води дослідники виконують у програмних продуктах DesignBuilder, RETScreen [13], EnergyPlus, ENSI [15], Mathcad. Для моделювання теплопередачі для нестандартних вузлів огорожень застосовується програмне забезпечення THERM і Fluent; для розрахунків комбінованої роботи централізованих і автономних джерел часто використовують програмне забезпечення PVSOL та TSOL.

В різних організаціях і територіальних громадах використовують комп'ютерні програми для моніторингу та аналізу споживання енергетичних ресурсів, які в своїй практиці застосовують енергоменеджери для стратегічного планування витрат. В ході дослідження було здійснено огляд можливостей таких програм. Серед відомих програмних продуктів, що використовуються службою енергетичного менеджменту (СЕНМ) можна назвати наступні: Енергоплан, Енергобаланс та АСЕМ (які на ринку з 2010-2011 років), ЕManagement24, UMUNI, АІС "Енергосервіс: облік, контроль, економія", Fela, Фіату, ENSI Енергомонітор [19]. Оскільки програми працюють через браузер, то є змога використовувати її на мобільних пристроях. Проте можуть бути проблеми з відображенням інформації та звітів. Зазвичай робота таких програм налаштована відповідно до структури: організація – структурний підрозділ – установа – будівля; кожен з елементів структури має можливий рівень доступу (наприклад, відповідальна особа за енергоспоживання одного структурного підрозділу не може мати доступ до зведеної інформації по іншому підрозділу, проте її може аналізувати керівний склад). Найвний гнучкий механізм розподілу ролей та рівнів доступу для різних типів користувачів. Нижче для прикладу показано робоче вікно програмного продукту вітчизняного виробництва АСЕМ (рис. 1).

Важливі функції та показники, що накопичуються, характерні для програмного забезпечення, що використовується енергоменеджерами, зображено в табл.1. Наведена інформація є важливою складовою автоматизованого робочого місця енергоменеджера.

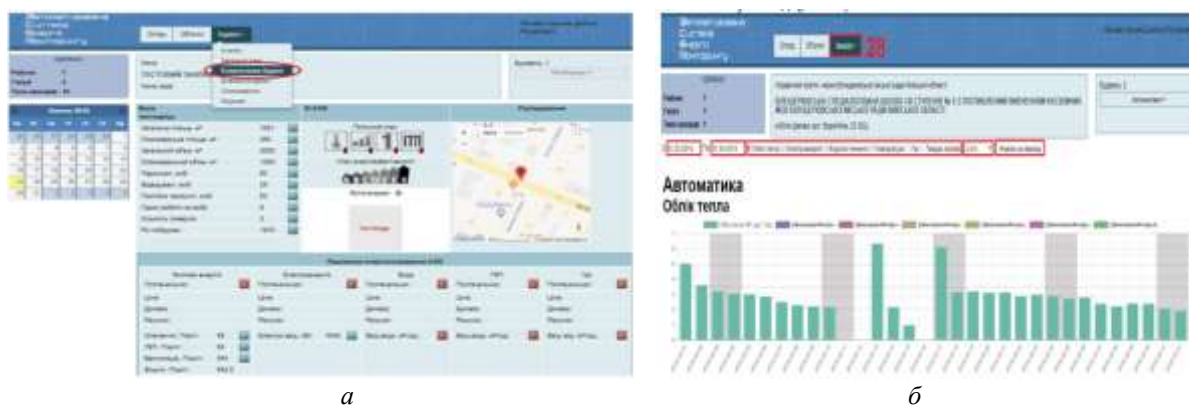


Рисунок 1 – Програмний продукт для моніторингу енергоспоживання АСЕМ  
а - робоче вікно програми «Будівля», б – робоче вікно «Автоматика/облік тепла»

Таблиця 1 – Функції програмного забезпечення для робочого місця енергоменеджера

Бази даних		Моніторинг			Автоматизація
показники	документи	енергія	ресурси	мікроклімат	- сигнали про аварії, нештатні ситуації, візуалізація результатів, управління роботою обладнання
- покази лічильників ПЕР, - питома споживання, - нормативи, - клас енергоефективності	-законодавство, - форми звітності, - накази та ін., - методики, - паспорти на будівлі та обладнання, ін.	- комер. та техн. облік, - параметри енергії, - порівняльний аналіз, - накопичування	- хол. вода, - ГВП, - газ, - паливо, - ел.ен., ін.	- внутр. температура, - вологість, - CO <sub>2</sub> , - освітленість, - режим експлуатації, та ін.	

Система моніторингу має працювати як не лише технічний засіб обліку та контролю витрат, але й як інструмент, що забезпечує можливість управління процесами енергоспоживання підвищення енергоефективності. Окрім програмні продукти дозволяють на автоматизованому робочому місці енергоменеджера (АРМ) проводити енергомоніторинг в реальному часі, а також мають мобільний застосунок (АСЕМ, READy, Energy Lens та ін.).

Для створення системи віддаленого моніторингу потрібно забезпечити можливість передачі показів з лічильників на об'єкті для подальшої обробки інформації на робочому місці енергоменеджера. Інтелектуальні системи обліку електроенергії надають значні переваги як для енергетичної системи, так і для кінцевих користувачів і допомагають зменшити витрати на експлуатацію та обслуговування мережі завдяки кращому управлінню та оптимізації. До 2024 року планується, що майже 77% європейських споживачів матимуть розумні лічильники для електроенергії, а близько 44% для газу. Середня вартість встановлення розумного лічильника в ЄС становить від 180 до 200 євро. За даними пілотних проектів в ЄС, середній рівень економії енергії становить не менше 2%, а в деяких випадках до 10% [20].

В дослідженні проведено вивчення доступних технологій для дистанційного збору даних з приладів обліку. Традиційно для вимірювання енергоспоживання в Україні використовувалися електромеханічні лічильники або прості електронні лічильники, що вимагають від постачальників виїзду на місце для зчитування показів. Розумний лічильник представляє собою електронний пристрій, який фіксує та передає інформацію щодо споживання. Після цього дані зазвичай зберігаються на сервері, де їх використовують для подальших операцій, таких як розрахунок оплати за споживання, відображення статистики використання або подання іншої інформації. Отримання доступу до первинних баз даних здійснюється через цифрові комунікаційні інтерфейси цих лічильників за допомогою оригінальних протоколів, розроблених виробниками цих пристроїв. Механічні лічильники тепла визначають споживання енергії на основі фізичних процесів у пристрої. Вони зазвичай надійні та мають довгий термін служби, проте їхня точність може страждати від зносу механізмів. Ультразвукові лічильники використовують звукові хвилі для вимірювання споживаної енергії, що дозволяє їм бути точними та менше піддатливими зносу і надає можливість забезпечувати збір та аналіз даних. Електромагнітні лічильники використовують принцип дії, що базується на здатності потоку рідини, проходячи через магнітне поле, генерувати електричний струм. Для впровадження системи дистанційного моніторингу потрібно модернізувати вузли обліку теплової енергії: або замінити їх на більш сучасні, або встановити додаткові пристрої, які забезпечують зчитування даних через мережу і передачу даних на АРМ енергоменеджера. Особливості систем автоматизованого моніторингу наведено на рис.2.



Рисунок 2 – Особливості системи автоматизованого моніторингу

### Системи управління енергоспоживанням студмістечка КПІ

Кампус КПІ, що складається з близько 50 будівель різного призначення, має власні інженерні мережі. В КПІ ім. Ігоря Сікорського створена СЕМ (рис.3, [8]), основною метою роботи якої є зменшення витрат на паливно-енергетичні та інші ресурси за допомогою впровадження організаційних і технічних заходів з енергозбереження. Функціонування СЕМ включає в себе розробку енергетичної політики та програми енергоефективності [21], оптимізацію планування витрат, енергетичний моніторинг, аналіз показників та розробку заходів з енергозбереження, з урахуванням технічних, економічних та екологічних аспектів. СЕМ активно залучає науковий потенціал університету та студентів для виконання енергообстежень, підвищуючи якість освітніх послуг [8].

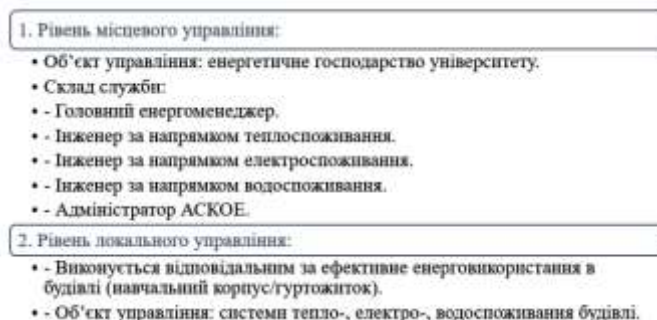


Рисунок 3 – Система управління енергоспоживанням

Розглянемо концепцію створення системи автоматизованого енергомоніторингу та управління енергоспоживанням на прикладі студмістечка КПІ ім.Ігоря Сікорського. Дистанційний облік споживання ПЕР забезпечується основні даних, отриманих безпосередньо від вузлів обліку теплової енергії, електричної енергії, холодної води, а також відбувається збір інформації про аварійні сигнали та температуру повітря всередині приміщень [11]. Система включає: 1) Спеціалізоване програмне забезпечення з різними правами доступу споживачів (для збору, аналізу інформації, керування та інтерактивної взаємодії, а також для створення звітів); 2) використання датчиків (вимірювання температури, вологості, освітленості, витрат, рівня CO<sub>2</sub>); 3) оцифрована та наповнена база даних інженерних мереж, лічильників та будівель. Для можливості якісного управління процесами енергоспоживання аналітичний блок програмного продукту має забезпечувати можливість проведення статистичного, кластерного, порівняльного аналізу; виконувати розрахунки енергобалансів та базового рівня енергоспоживання за затвердженими методиками; оцінювати потенціалу енергозбереження. Це в комплексі дозволить також визначати рейтинг структурних підрозділів університету за рівнем енергоефективності та прогнозувати витрати на енергоспоживання з урахуванням різних факторів впливу.

**Пропозиції по розробці серверної та клієнтської частини мобільного додатка для збору даних**

Розробка серверної та клієнтської частини мобільного додатка для збору та візуалізації даних з різних лічильників університетського комплексу є важливим кроком у вдосконаленні системи моніторингу та управління ресурсами університету. Даний розділ присвячений детальному опису функціоналу серверної частини для збору даних та клієнтської системи для їх візуалізації. Наразі зібрані дані з лічильників зберігаються в EXCEL таблицях, мінусами такої організації є наступне:

- проблеми з передачею та збереженням даних (дані зберігаються на ПК у користувачів, для того щоб користуватись всіма опціями EXCEL потрібно мати встановлений редактор та зберігати копію файлу);
- проблеми з безпекою даних (файли можуть бути втрачені, а лічильники зберігають дані обмежений час);
- проблеми з розробкою нових рішень для візуалізації та групування даних (всі рішення мають бути розроблені в програмі EXCEL, що має обмежений функціонал).

Тому кращим рішенням буде відмовитись від EXCEL та зберігати дані в базах даних, а потім візуалізувати їх у будь-якому зручному вигляді, не прив'язуючись до обмежень EXCEL. Додаток (рис. 4) має зчитувати дані з різних джерел, типів лічильників з різними форматами даних та способами передачі цих даних. Для кожного з різних видів даних потрібен свій парсер, що буде приводити дані до загального формату. Потім ці дані записуються до бази даних та стають доступними для зчитування та приведення їх у потрібний вигляд, залежно від запиту.

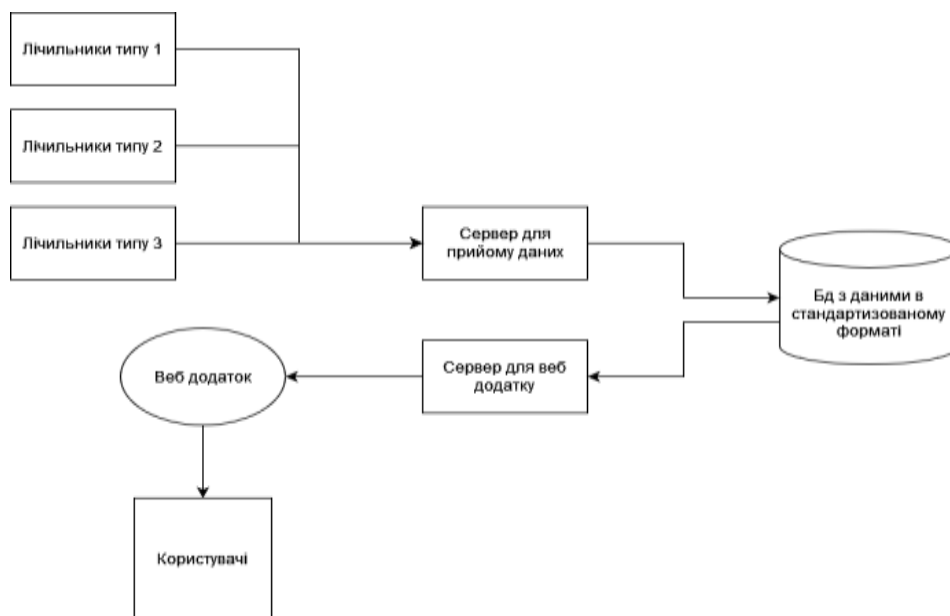


Рисунок 4 – Схема додатку

Серверна частина додатка має за мету приймати дані з різних лічильників університетського комплексу. Для досягнення цієї мети сервер обладнаний різними парсерами для адаптації різноманітних форматів даних, які надходять від різних типів лічильників. Ці дані стандартизуються та конвертуються у загальний формат перед збереженням у базі даних. Одним з ключових аспектів розробки серверної частини є забезпечення адекватного механізму зберігання та обробки даних, отриманих з лічильників

різних типів та форматів. Це вимагає створення гнучкої структури, яка забезпечить зручний доступ до інформації для подальшого використання у клієнтській частині додатка.

Розробка серверної частини вимагає ретельного вибору технологій. Для реалізації адаптерів для різних форматів даних можна використовувати мови програмування з великою кількістю бібліотек для роботи з різними протоколами передачі (наприклад, Node JS або Java). Важливо створити гнучку архітектуру, яка дозволить легко додавати нові типи лічильників без необхідності переписування вже наявного коду. Застосування патернів проектування, таких як Factory Method або Strategy, дозволить ефективно розширювати систему. Оскільки сервер обробляє конфіденційні дані, необхідно ретельно працювати над захистом системи. Використання шифрування при передачі та зберіганні даних, а також застосування автентифікації та авторизації для керування доступом до інформації, є критичними аспектами розробки. Обрана база даних повинна відповідати вимогам щодо швидкодії та надійності. Реляційні бази даних, такі як PostgreSQL або MySQL, можуть бути ефективними для зберігання структурованих даних. Необхідно уникати дублювання даних та оптимізувати запити до бази даних. Для цього можна використовувати індексацію, яка прискорить пошук і підвищить продуктивність системи.

Клієнтська частина додатка є важливою для забезпечення доступу та візуалізації даних для кінцевих користувачів. Вона складається з веб-інтерфейсу та серверної частини, яка відповідає за відображення та обробку даних з бази даних. Користувачі мають можливість переглядати таблиці, графіки, а також використовувати фільтри для відображення конкретних об'єктів або груп об'єктів. Окрім цього, важливим елементом є наявність адміністративної панелі для керування користувачами, що дозволяє регулювати доступ до даних та функціоналу для різних типів користувачів (рис. 5).

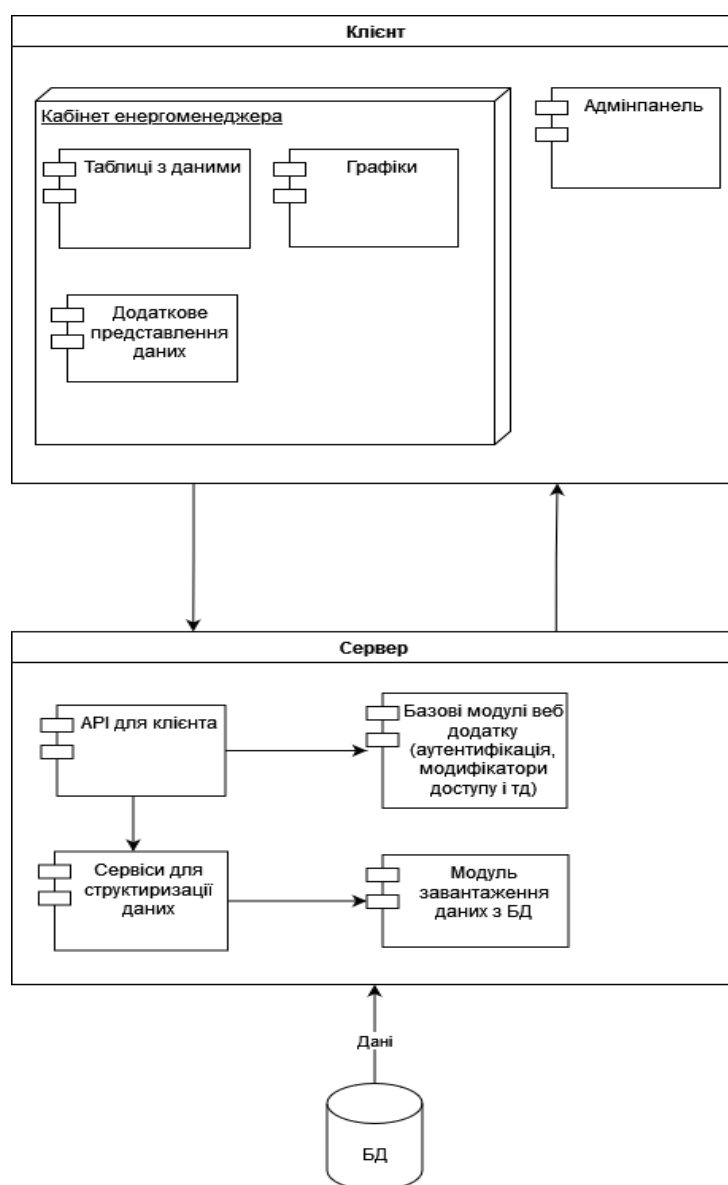


Рисунок 5 – Схема веб додатку та веб сервера

Додаток має бути доступний з будь-якого пристрою, що має доступ до інтернету та веб-браузер, що значно розширює його можливість застосування. Ця частина додатку має забезпечити зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для взаємодії з даними, що стосуються ресурсів університетського комплексу. Веб додаток повинен мати обмеження доступу користувача до даних в залежності від прав доступу типу користувача. Можливі обмеження доступу показано на рис. 6.

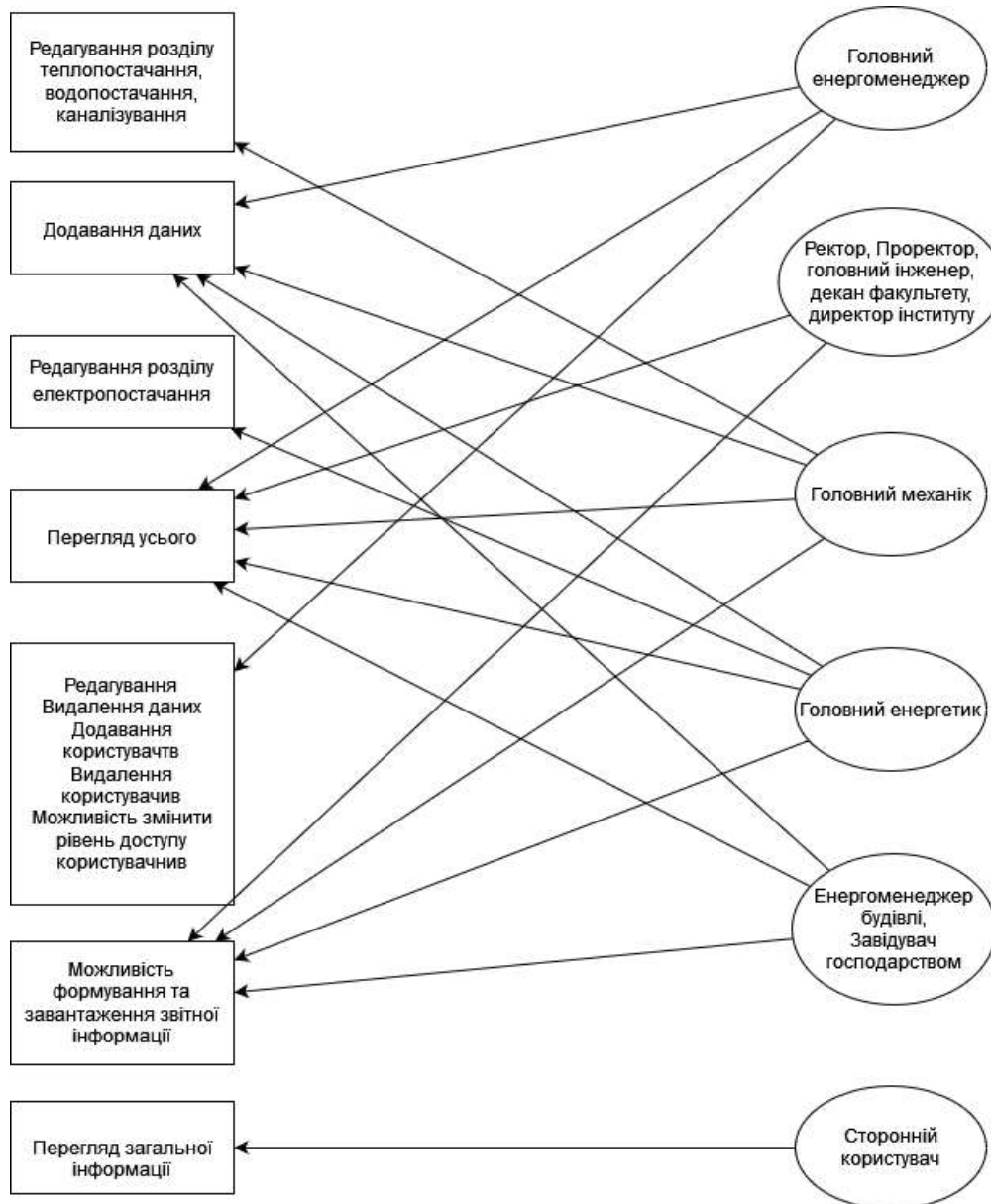


Рисунок 6 – Можливе розмежування доступу до даних

Важливим елементом є наявність адміністративної панелі для керування доступом та конфігурацією додатку. Можливості керування правами користувачів, моніторинг системи та журналування дій важливі для підтримки та безпеки системи.

Додаток матиме основні сторінки:

- сторінки з даними: сторінки, на яких відображені всі дані, зібрані з лічильників, відфільтровані по типам лічильників, об'єктам та групам об'єктів. Також, в залежності від доступу, користувач може вносити зміни у ці дані;
- сторінки з графіками та згенерованими таблицями;
- сторінки формування звітів за шаблоном;
- сторінки з картою об'єктів та вузлів, по яким збираються дані (адреса, рік побудови, лічильники об'єкта і тд.) та посилання на зв'язану з ним сторінку об'єкта;
- сторінка об'єкта (детальна інформація та посилання на всі сторінки, пов'язані з об'єктом - дані, графіки та таблиці).

**Висновки:**

1. Регулярний моніторинг та аналіз споживання енергії є основою ефективної системи енергетичного менеджменту. Залежно від поставлених завдань енергоменеджери використовують різні інструменти та програмні продукти. Проведений в ході дослідження огляд буде корисним для застосування у практичній діяльності енергоменеджерів, інженерів-енергетиків, енергоаудиторів та фахівців у сфері управління енергоспоживанням житлово-комунального господарства.

2. Налагоджування автоматизації процесів зчитування даних і передачі на робоче місце енергоаудитора є важливою умовою оперативного моніторингу і контролю. Це дозволить контролювати витрати ресурсів та енергії, управляти режимами енергоспоживання, планувати і прогнозувати витрати, створювати звітність, визначати фактичну економію і стимулювати персонал. В ході дослідження було детально розглянуто різні інструменти для зчитування даних з лічильників, їх можливості, переваги та недоліки.

3. Перспективним є створення мобільних додатків із різним ступенем доступу до бази даних щодо енергоспоживання та характеристик будівлі та обладнання залежно від ступеня залученості персоналу до управління витратами закладу чи організації. Пропонується розробити додаток, який буде доступний як на ПК, так і на смартфонах. Система буде збирати та зберігати дані з лічильників, які потім можна буде вивантажити та відобразити у будь-якому потрібному форматі для користувача. Також доступ до даних буде розділено в залежності від посади та доступу користувача до них.

**Список використаної літератури**

1. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель». Законопроект № 2118-VIII // Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, № 33, ст.359.
2. ДСТУ ISO 50001:2020 Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання. (ISO 50001:2018, IDT) –(Державний стандарт України).
3. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель
4. Порядок впровадження систем енергетичного менеджменту // Затв. постановою КМУ від 23 грудня 2021 р. № 1460 – 17 с.
5. Управління економічного та інтеграційного розвитку. Підвищення енергоефективності в будівлях навчальних закладів м.Івано-Франківська [Електронний ресурс] / Управління економічного та інтеграційного розвитку – Режим доступу: <http://www.mvk.if.ua/kperozv/32062>.
6. Управління ефективністю енерговикористання об'єктів галузі освіти / Білоус І.Ю., Дешко В.І., Сплавська В.О., Суходуб І.О., Шевченко О.М., Шовкалюк М.М.; під заг. ред. В.І. Дешка / Монографія [Електронний ресурс] – К.: НТУУ «КПІ», 2015. 157 с. – Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/11887>.
7. Дешко В.І. Досвід створення та функціонування системи енергоменеджменту у ВНЗ / В.І. Дешко, О.М. Шевченко, М.М. Шовкалюк, І.О. Суходуб, М.І. Сотник, Н.П. Соколова // Енергетика: економіка, технології, екологія – 2016. - №2. – с. 34-46.
8. Шевченко О.М. Енергоефективний кампус КПІ: інструменти та методи досліджень / Шевченко О.М., Шовкалюк М.М. // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія Технічні науки. - 2019. - № 4 (136). - С. 97-105. – Режим доступу: <https://jrn1.knurd.edu.ua/index.php/bknurd/article/view/410>.
9. Концепція розробки та реалізації програми енергоефективності закладу вищої освіти на прикладі КПІ ім. Ігоря Сікорського / О.М. Шевченко, М.М.Шовкалюк. Енергетика і автоматика. №4. 2021. С.49-62. – Режим доступу: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Energiya/issue/view/669>.
10. Соловей О.І., Шевченко О.М., Білоус І.Ю. Оцінка рівня ефективності енергоспоживання об'єктів житлового комплексу (на прикладі гуртожитків НТУУ «КПІ»). Будівельні конструкції: Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць. 2013. № 77. С. 293-297.
11. Розвиток системи автоматизованого моніторингу та аналізу енергоспоживання в КПІ ім.Ігоря Сікорського / Шевченко О.М., Шовкалюк М.М., Степанець О.В., Швайко В.Г. Енергетика: економіка, технології, екологія. № 3 (65). 2021. С.93-100. – Режим доступу: <http://energy.kpi.ua/article/view/251265>.
12. Каплун В. В., Щербак В. Г. Багатофакторний критеріальний аналіз енергетичної ефективності будівель вищого навчального закладу. Бухгалтерський облік, аналіз і аудит. 2016. С. 349 – 359.
13. Шовкалюк М.М., Ващишин Р.Л. Аналіз енергетичних характеристик будівлі навчального корпусу складної конфігурації із розробкою пропозицій по підвищенню енергоефективності. Технології та інжиніринг, 2021. № 3. С.49-59. – Режим доступу: <http://vistnuk.knurd.edu.ua/project/32021/>
14. Шовкалюк, М. М. Войналович Н. О. Застосування регресійних залежностей для прогнозування теплоспоживання навчальних корпусів. Молодий вчений, 2015. № 5 (20), Ч. 1. С. 57–61.
15. М.М.Шовкалюк, І.Ю. Білоус. Аналіз енергетичних і матеріальних показників і балансів навчального закладу з розробкою енергозберігаючих заходів. Екологічні науки 2014. № 1/2014 (5). с. 108-115. – Режим доступу: <http://econj.dea.kiev.ua/archives/2014/5/16.pdf>



16. Шовкалюк М.М., Васильцов Д.А. Програмні продукти та інструменти моніторингу і аналізу енергоспоживання для енергоменеджерів // Збірник наук. праць IX міжнар. наук.-техн. та навч.-метод. конф. "Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – REMS'2023". [Київ, 22-24 листопада 2023 р.]

17. Шовкалюк М.М., Васильцов Д.А. Огляд засобів і методів для моніторингу енергоспоживання // Mechanisms of Scientific and Technical Potential Development: Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Internet Conference [Dnipro, Ukraine, 23-24.11.2023 p.] с.173-175. – Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/63401>

18. Васильцов Д.А. Методи та засоби для поглибленого аналізу енергетичних характеристик та управління енергоспоживанням в закладах освіти. – К.КПІ ім.Ігоря Сікорського, 2023. 124 с.

19. Експертний огляд програмного забезпечення для енергомоніторингу та енергоменеджменту [Електронний ресурс] // Асоціація «Енергоефективні міста України». 2018.

20. Smart grids and meters // Energy, Climate change, Environment – Режим доступу: [https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/smart-grids-and-meters\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/smart-grids-and-meters_en)

21. Програма з енергоефективності КПІ ім. Ігоря Сікорського на 2021-2024 р.р. – К.: КПІ, 2020. 76 с. – Режим доступу: [https://document.kpi.ua/files/2021\\_HGF-106.pdf](https://document.kpi.ua/files/2021_HGF-106.pdf)

**M. Shovkaliuk<sup>1</sup>**, Cand. Sc. (Eng.), Assoc. Prof, ORCID 0000-0002-1898-3493

**D. Vasytsov<sup>1</sup>**, master student, ORCID 0009-0002-2999-9789

<sup>1</sup>**National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”**

## **METHODS AND TOOLS FOR IN-DEPTH ANALYSIS OF ENERGY CHARACTERISTICS AND MANAGEMENT OF ENERGY CONSUMPTION IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS**

*A factor of the state's national security is reducing energy dependence and taking measures to increase energy efficiency, especially in the budgetary sphere, because about 90% of such buildings do not meet modern energy efficiency requirements. Creating a reliable energy consumption management system, choosing measures to reduce consumption and diversifying energy sources is a difficult task that requires consideration of building energy consumption processes as a complex problem with the use of modern tools of the energy management system, modeling, and the use of modern approaches to automation and measurements.*

*The object of research is energy consumption processes in educational institutions. The subject of the research is energy characteristics and methods of energy consumption management in educational institutions. Research methods. analytical methods, system analysis, synthesis, modeling, systematization, method of comparative and structural analysis. One of the tasks of this study is to review the capabilities of software products that can be used by energy managers of educational institutions to monitor, analyze and forecast energy consumption, as well as to create reports. Also in the work, an analysis of the state of affairs regarding energy consumption management was carried out on the example of KPI named after Igor Sikorskyi; proposals for the development of the automated energy monitoring system were provided, in particular, the architecture of the web application was developed taking into account the support of existing databases to improve the energy monitoring process.*

**Keywords:** *educational institution, energy monitoring, energy consumption, energy efficiency, energy management.*

### **References**

1. Law of Ukraine "On Energy Efficiency of Buildings". Draft Law No.2118-VIII // Bulletin of the Verkhovna Rada, 2017, No.33, p.359.

2. DSTU ISO 50001:2020 Energy management systems. Requirements and instructions. (ISO 50001:2018, IDT).

3. DBN V.2.6-31:2021 Thermal insulation and energy efficiency of buildings

4. Procedure for implementing energy management systems // Approved. Resolution of the Cabinet of Ministers of December 23, 2021 No.1460 – 17 p.

5. Department of Economic and Integration Development. Increasing energy efficiency in the buildings of educational institutions in Ivano-Frankivsk [Electronic resource] / Office of Economic and Integration Development - Access mode: <http://www.mvk.if.ua/kperozv/32062>.



6. Energy efficiency management of educational facilities / Bilous I.Yu., Deshko V.I., Splavska V.O., Sukhodub I.O., Shevchenko O.M., Shovkaliuk M.M.; under general ed. V.I. Dshka / Monograph [Electronic resource] - K.: NTUU "KPI", 2015. 157 p. – Access mode: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/11887>.
7. Dshko V.I. Experience in the creation and functioning of the energy management system in universities / V.I. Dshko, O.M. Shevchenko, M.M. Shovkaliuk, I.O. Sukhodub, M.I. Sotnyk, N.P. Sokolova // Energy: economy, technologies, ecology - 2016. №2. – p. 34-46.
8. Shevchenko O.M. Energy-efficient campus of KPI: research tools and methods / O.M. Shevchenko, M.M. Shovkaliuk. // Bulletin of the Kyiv National University of Technology and Design. Series Technical sciences. - 2019. - No. 4 (136). - P. 97-105. – Access mode: <https://jrn.knutd.edu.ua/index.php/bknuj/article/view/410>.
9. The concept of development and implementation of the energy efficiency program of a higher education institution based on the example of KPI named after Igor Sikorsky / O.M. Shevchenko, M.M. Shovkaliuk. Energy and automation. No. 4. 2021. P.49-62. – Access mode: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Energiya/issue/view/669>.
10. Solovei O.I., Shevchenko O.M., Bilous I.Yu. Assessment of the level of efficiency of energy consumption of objects of the residential complex (on the example of the dormitories of NTUU "KPI"). Building structures: Interdepartmental scientific and technical collection of scientific works. 2013. No. 77. P. 293-297.
11. Development of the system of automated monitoring and analysis of energy consumption in Igor Sikorskyi KPI. Shevchenko O.M., Shovkaliuk M.M., Stepanets O.V., Shvayko V.G. Energy: economy, technologies, ecology. No. 3 (65). 2021. P.93-100. – Access mode: <http://energy.kpi.ua/article/view/251265>.
12. Kaplun V.V., Shcherbak V.G. Multifactor criterion analysis of the energy efficiency of buildings of a higher educational institution. Accounting, analysis and audit. 2016. P. 349 – 359.
13. Shovkaliuk M.M., Vashchyshyn R.L. Analysis of the energy characteristics of the building of the educational building of a complex configuration with the development of proposals for increasing energy efficiency. Technologies and engineering 2021. No. 3. P.49-59. – Access mode: <http://vistnik.knutd.edu.ua/project/32021/>
14. Shovkaliuk, M.M. Voinalovich N.O. Application of regression dependences for forecasting heat consumption of educational buildings. Young scientist, 2015. No. 5 (20), Part 1. P. 57–61.
15. M. Shovkaliuk, I. Bilous. Analysis of energy and material indicators and balance sheets of the educational institution with the development of energy-saving measures. Environmental Sciences 2014. No. 1/2014 (5). P. 108-115. – Access mode: <http://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2014/5/16.pdf>
16. Shovkaliuk M.M., Vasylytsov D.A. Software products and tools for energy consumption monitoring and analysis for energy managers // Collection of Sciences. Proceedings of the IX International science and technology and teaching method. conf. "Energy management: status and development prospects - PEMS'2023". [Kyiv, November 22-24, 2023]
17. Shovkaliuk M.M., Vasylytsov D.A. Review of means and methods for energy consumption monitoring // Mechanisms of Scientific and Technical Potential Development: Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Internet Conference [Dnipro, Ukraine, November 23-24, 2023] pp. 173-175. – Access mode: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/63401>
18. Vasylytsov D.A. Methods and tools for in-depth analysis of energy characteristics and management of energy consumption in educational institutions. - K.KPI named after Igor Sikorskyi, 2023. 124 p.
19. Expert review of software for energy monitoring and energy management [Electronic resource] // Association "Energy-efficient cities of Ukraine". - 2018.
20. Smart grids and meters // Energy, Climate change, Environment – Access mode: [https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/smart-grids-and-meters\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/smart-grids-and-meters_en)
21. Program on energy efficiency of KPI named after Igor Sikorsky for 2021-2024 - K.: KPI, 2020. 76 p. – Access mode: [https://document.kpi.ua/files/2021\\_HGF-106.pdf](https://document.kpi.ua/files/2021_HGF-106.pdf)

Надійшла: 15.04.2024  
Received: 15.04.2024