

ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ENERGY EFFICIENCY AND ENERGY SAVING

УДК 697:34

DOI 10.20535/1813-5420.3.2021.251265

Шевченко О.М., канд. техн. наук, головний енергоменеджер, ORCID 0000-0001-9304-5432

Шовкалюк М.М., канд. техн. наук, доцент, ORCID 0000-0002-1898-3493

Степанець О.В., канд. техн. наук, доцент, ORCID 0000-0003-4444-0705

Швайко В.Г., асистент кафедри АПЕПС, ORCID 0000-0002-9304-8710

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

РОЗВИТОК СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО МОНІТОРИНГУ ТА АНАЛІЗУ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ В КПІ ІМ.ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО

В КПІ ім. Ігоря Сікорського функціонує організаційна структура для управління енергоспоживанням студмістечка, що включає як організаційні, інформаційні, так і технічні заходи, зокрема створення системи віддаленого енергомоніторингу. У даному дослідженні розглядаються інжинірингові аспекти формування системи енергоменеджменту для різних типів споживачів. Метою роботи є удосконалення існуючих і розробка нових інноваційних управлінських методів і засобів енергетичного менеджменту з урахуванням параметрів об'єктів управління; урахування взаємозв'язку джерел генерації енергії, теплового захисту, параметрів мікроклімату приміщень. Об'єкти, які знаходяться на балансі університету, також є дослідним майданчиком для різноманітних дослідницьких робіт, чому всіляко сприяє служба енергоменеджменту в рамках співпраці з іншими структурними підрозділами, факультетами та катедрами. Поступово впроваджується система віддаленого моніторингу на базі програмного забезпечення, що включає автоматизоване робоче місце енергоменеджера, геоінформаційну карту інженерних мереж та будівель кампусу, температурний моніторинг у приміщеннях, автоматизований облік та аналітичний блок з можливістю прогнозування енергоспоживання.

Ключові слова: кампус, будівля, служба енергоменеджменту, енергоспоживання, енергетичний моніторинг

Вступ

Питання енергоефективності поряд з поліпшенням екологічної безпеки та підвищення соціальної відповідальності стають центральним об'єктом дослідження сучасної теорії управління. Державна політика України направлена на євроінтеграцію та гармонізацію нормативної бази з Європейським Союзом (ЄС). Зокрема, відповідно до Директиви ЄС [1] та Закону України «Про енергетичну ефективність» [2] визначено необхідність підвищення енергоефективності центральних органів виконавчої влади шляхом впровадження енергозберігаючих заходів та системи енергоменеджменту. Відсутність дій у цьому напрямку в галузі освіти призведе до продовження нераціонального використання енергії та коштів, погіршення енергоефективності об'єктів, недотримання комфортних умов навчання та праці в приміщеннях. Комунальні витрати на утримання бюджетних будівель в Україні є у 2–3 рази вищими, ніж подібні витрати в країнах ЄС [3], практично 90% будівель у студентських містечках не відповідають сучасним вимогам енергоефективності [4-6], що призводить до перевитрат на енергоспоживання. Важливою проблемою є також недотримання санітарно-гігієнічних вимог у приміщеннях через низку причин [7]. Недостатній рівень фінансування бюджетних закладів та зношеність будівельного фонду потребує впровадження системних, комплексних підходів [8], що включатимуть організаційно-управлінські [9] та технічні заходи. Залучення наукового потенціалу університету [10,11] до виконання енергетичних обстежень та дослідницьких робіт на базі об'єктів КПІ дозволяє підвищити якість освітніх послуг. Для можливості впровадження енергоефективних заходів Служба енергоменеджменту із залученням науковців розробляє інвестиційні проекти, технічні рішення яких синхронізовані із сучасними нормативними вимогами до будівель [12] та систем [13].

Впровадження автоматизації процесів управління енергоспоживанням та системи підтримки прийняття рішень дозволить створити автоматизоване робоче місце енергоменеджера (АРМЕ), здійснювати ґрунтовний аналіз даних, підвищити якість управлінських рішень, знизити економічні ризики.

Мета та задачі

Метою статті є удосконалення інноваційних методів і засобів енергетичного менеджменту з урахуванням параметрів об'єктів, комплексний підхід до поглибленого аналізу і планування енергоспоживання та умов експлуатації будівель, розвиток системи управління енергоспоживанням за рахунок віддаленого моніторингу з інтеграцією в освітній процес.

Задачі дослідження:

-запропонувати проєкт автоматизованої системи моніторингу для закладу освіти та описати структурні елементи програмного забезпечення;

-проаналізувати результати поетапного впровадження системи віддаленого енергомоніторингу в КПІ ім. Ігоря Сікорського станом на теперішній час та технічного забезпечення дистанційного обліку енергетичних ресурсів;

-показати можливості залучення наукового потенціалу університету для підвищення якості освітніх послуг.

Матеріал і результати досліджень

Кампус КПІ ім. Ігоря Сікорського налічує близько 50 будівель різного призначення, інженерні мережі, теплопункти, трансформаторні підстанції та інше енергетичне обладнання, експлуатація та утримання яких вимагає значних витрат, які щорічно зростають. В КПІ ім. Ігоря Сікорського функціонує [3] дворівнева система енергетичного менеджменту (СЕМ), діяльність якої включає не тільки організаційно-управлінські, інформаційні, мотиваційні заходи, але й технічні, зокрема розробки автоматизованого робочого місця енергоменеджера з структурними елементами програмного забезпечення системи енергомоніторингу. Об'єкти, що знаходяться на балансі університету, також являють собою дослідний майданчик для різноманітних дослідницьких робіт, чому всіляко сприяє СЕМ в рамках співпраці з іншими структурними підрозділами, факультетами та кафедрами [7, 8]. Підвищення рівня енергоефективності закладу освіти неможливо системно здійснювати за відсутності обліку даних енергоспоживання; у даній статті вивчається можливість створення системи віддаленого енергомоніторингу на базі програмного продукту Arcgis, що поєднуватиме управління зовнішніми та внутрішніми інженерними мережами комплексу будівель навчального закладу. Сучасні Building Management System (системи автоматичного керування та централізованого моніторингу інтелектуальних будівель) реалізують автоматизацію окремих установок: індивідуальних теплових пунктів, систем підтримання комфортного мікроклімату приміщень, освітлення, холодного та гарячого водопостачання, пожежної безпеки тощо.

Одним із важливих елементів покращення ефективності системи енергоменеджменту є системи автоматизації процесів управління енергоспоживанням та системи підтримки прийняття рішень. Такі системи дозволяють створити АРМЕ, підвищити оперативність вирішення задач розподілу енергоресурсів, якість рішень, що приймаються в системі управління, і, як наслідок, знизити економічні ризики від несвоєчасних та помилкових рішень.

Проєктом системи автоматизованого віддаленого енергомоніторингу передбачається:

- створення диспетчерського пункту, який водночас виконує функції дослідної лабораторії;
- створення програмного забезпечення, що включатиме: базу даних, АРМЕ з різними правами та рівнями доступу користувачів; автоматизований облік і аналіз даних, виявлення аварійних ситуацій; формування звітів; захист даних.

Реалізація такого комплексного проєкту дозволить на базі існуючого будівельного фонду створити майданчик з використанням сучасних технологій енергомоніторингу та енергоменеджменту (рис.1).

Процеси енергоспоживання та забезпечення функціонування комплексу об'єктів студмістечка є постійно змінними в часі й для забезпечення оптимізації та прийняття управлінських рішень потребують використання спеціалізованого програмного забезпечення, набору датчиків з можливістю підключення та систем для інтерактивної взаємодії зі стейкхолдерами (постачальниками послуг, оператором, спеціалістами з обслуговування, користувачами) чи іншими підключеними пристроями для своєчасного реагування.

Пропонована система віддаленого моніторингу енергоспоживання має містити наступні складові: 1) геоінформаційна база даних (ГБД), 2) цифрова карта території, що включає будівлі та інженерні мережі; 3) розподілений апаратно-програмний комплекс, що забезпечує функціонування АРМЕ установи/підрозділу/будівлі з різними правами та рівнями доступу користувачів, 4) автоматизований облік та аналіз даних енерговикористання, 5) оповіщення щодо появи нештатних/аварійних ситуацій та моделювання наслідків методами мережевого аналізу, 6) формування звітності для прийняття рішень, 7)

прогнозування витрат енергоресурсів у різних часових інтервалах зі врахуванням нормативних показників і прогнозних значень зовнішніх впливових факторів, 8) аналітичний блок: статистичний, кластерний, порівняльний аналіз; енергобаланс установи; базовий рівень енергоспоживання; оцінювання потенціалу енергозбереження; рейтинг підрозділів за рівнем енергоефективності, 9) моніторинг показників мікроклімату приміщень (температура, вологість, рівень CO₂), 10) управління (ручне або сценарне) режимами функціонування споживачів енергії за видами, 11) мобільний додаток, 12) захист даних.

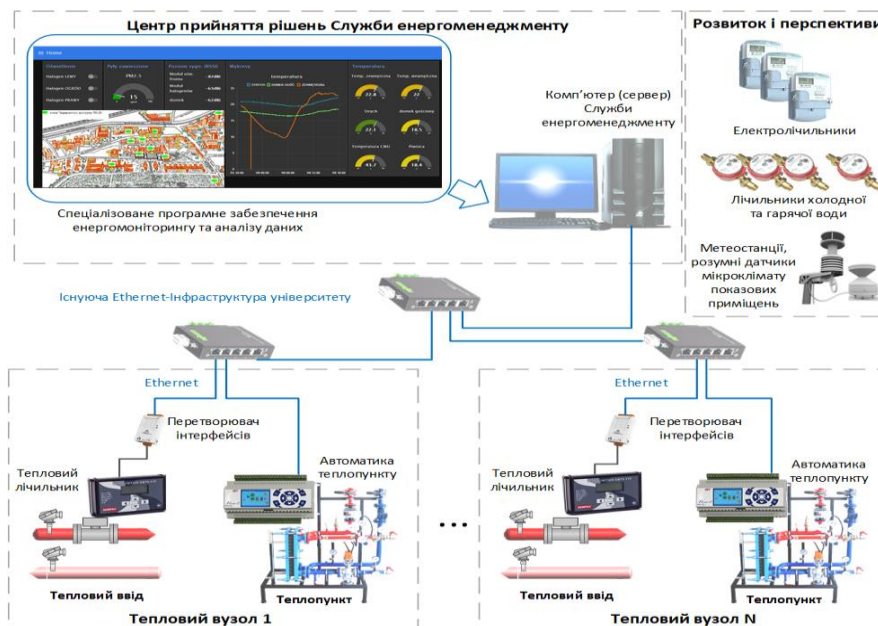


Рисунок 1 – Прогнозована структура системи енергомоніторингу

Метою є створення програмного продукту, що дав би змогу інженеру швидко переглядати, змінювати та аналізувати інженерну мережу та її показники у реальному часі.

Ця задача складається з наступних етапів: створення структури ГБД, наповнення БД відповідними інженерними мережами, створення зв'язків між мережами та лічильниками, розробка мобільного додатку маніпуляції з мережами.

Програмний продукт реалізує наступний функціонал:

- ідентифікація лічильника або люка, що обрав користувач;
- відображення детальної інформації по обраному елементу;
- відображення зв'язних таблиць елемента, а у випадку лічильника - показників;
- редагування та видалення обраних елементів;
- додавання нового лічильника та нових показників.

Для створення ГІС інженерних мереж необхідно виконано наступні роботи:

- аналіз існуючих паперових карт кампусу;
- уточнення вхідних даних; погодження вихідних даних;
- з'ясування ролей майбутніх користувачів;
- розробка концептуальної моделі бази даних;
- створення геоінформаційної бази даних;
- наповнення розробленої бази даних інформацією про існуючі об'єкти та інженерні мережі;
- створення відношень між будівлями, лічильниками та інженерними мережами;
- перенесення бази даних на віддалений сервер;
- розробка графічного інтерфейсу користувача.

На основі растрових планів комунікацій виконано оцифровку та запис в геоінформаційну базу даних інженерних мереж КПІ ім. Ігоря Сікорського. Було оцифровано мережі: електромережі (рисунок 2); тепломережі; холодне водопостачання (рисунок 3); каналізація; зв'язок.

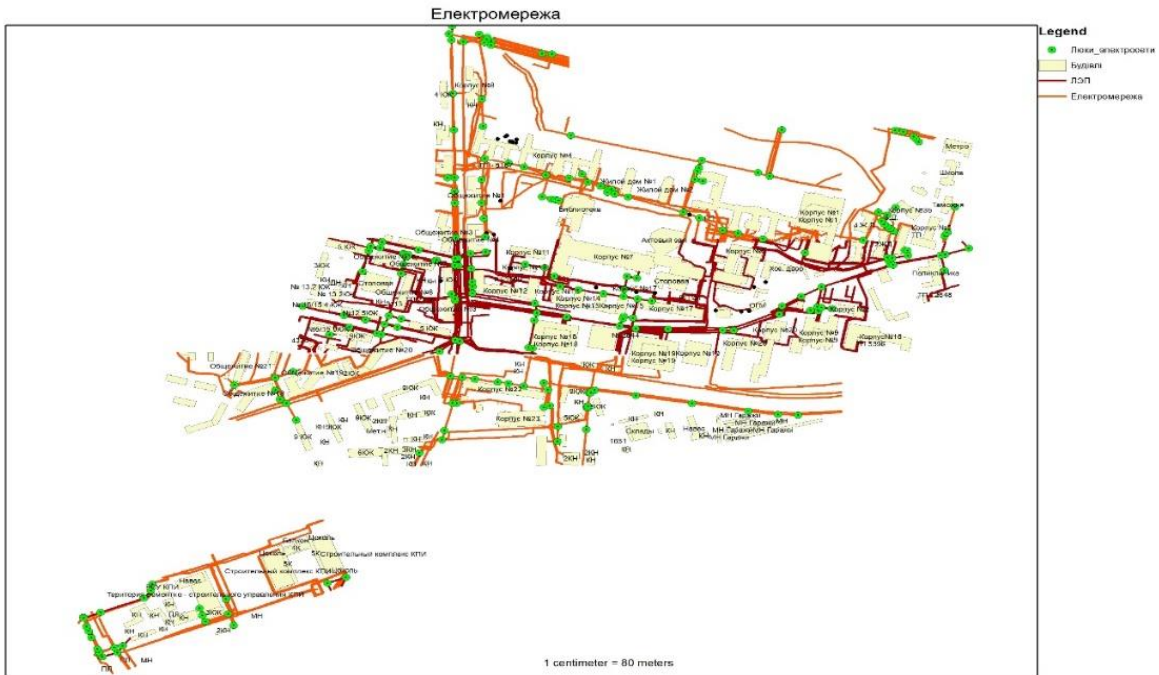


Рисунок 2 – Оцифровані шари електромережі

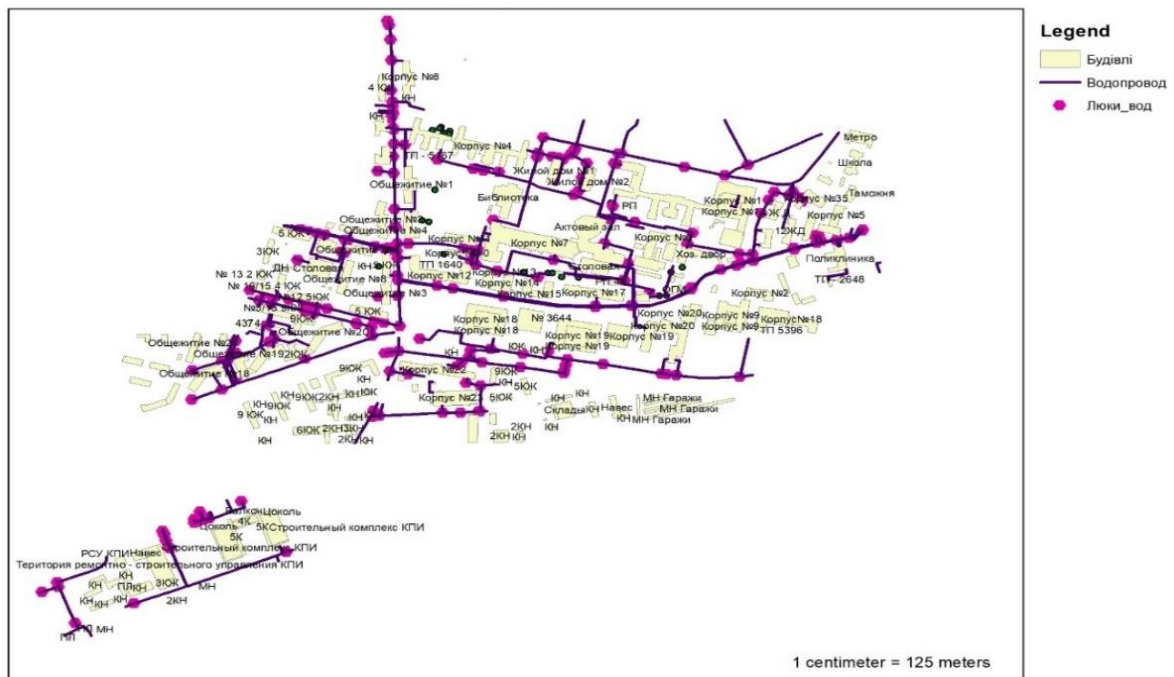


Рисунок 3 – Оцифровані шари мережі холодного водопостачання

Створений мобільний додаток дозволяє користувачеві переглядати, аналізувати та змінювати параметри інженерної мережі, а також додавати нові елементи. При натисканні на об'єкти на карті, додаток робить запит на сервер та отримує інформацію про найближчий об'єкт (рис. 4).

Мобільний додаток розроблений на архітектурі MVC.

Реалізація геоінформаційної системи для управління розумними лічильниками передбачає розробку геоінформаційної бази даних, створення сервісу для обробки та передачі даних, що були надіслані розумним лічильником, а також розробку Web-інтерфейсу користувача для можливості перегляду та редагування інформації, що міститься в системі.

Дані, що надсилає розумний лічильник, закодовані у форматі ASCII, для розшифрування інформації було створено програмний модуль, що виконує необхідні дії для розшифрування поля з даними, які

відправляє розумний лічильник. Для створення сервісу було використано платформу Node.js, що дозволяє з найменшою втратою часу передати дані на сервер ArcGISOnline завдяки своїй особливості та простоті взаємодії з простими пакетами у найкоротший проміж часу. Інтеграція з багатьма базами даними та платформами дозволяє майбутнім розробникам реалізовувати та імплементувати нові функції, що розширять функціонал системи.

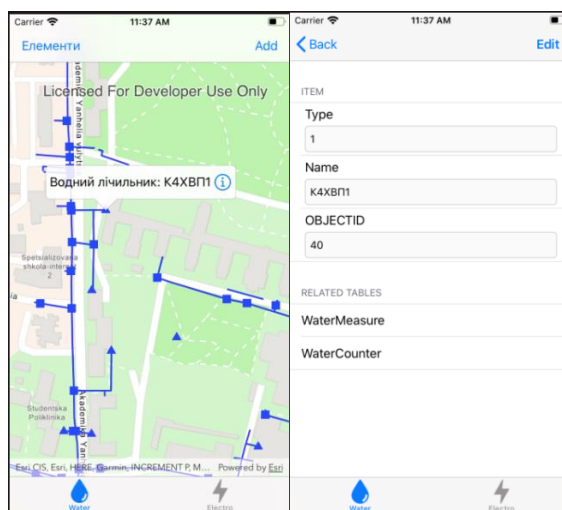


Рисунок 4 – Перегляд додаткової інформації (лічильник води)

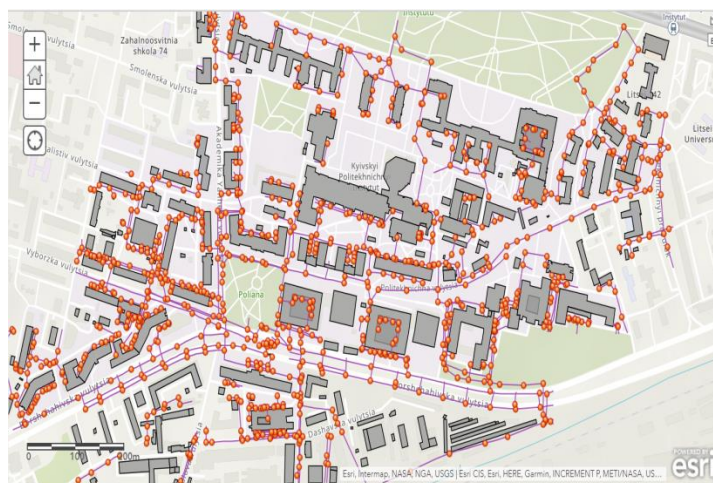


Рисунок 5 – Відображення інженерних мереж у веб-додатку

Для відображення інженерних мереж, а також даних про розумні лічильники та їх показники, розроблено Web-додаток на платформі ArcGISOnline, що дозволяє створювати геоінформаційні системи та бази даних до таких систем. Користувач може використовувати даний застосунок, просто зайшовши на посилання або, за необхідності, може імпортувати програмний продукт та відкрити його у програмному забезпеченні ArcGISDesktop для роботи на стаціонарному комп'ютері без з'єднання з мережею Інтернет. Web-інтерфейс надає користувачу системи можливість перегляду інженерних мереж на території КПП ім. Ігоря Сікорського. На рисунку 5 зображено інтерфейс користувача, що має основні елементи для зручної взаємодії з картою. Можливість зміни масштабу карти дозволяє користувачам системи налаштувати вигляд карти, зважаючи на роздільну здатність дисплею.

На рисунку 6 зображено вигляд таблиці з даними, що зберігає інформацію про показники, час та одиниці вимірювання лічильника. У деяких полях міститься зв'язана інформація, що позначається символом замка у замкнутому стані (наприклад, користувач може переглянути інформацію про розумний лічильник та його розміщення на мапі).

Можливості програмного забезпечення ArcGISOnline дозволяють створювати власні віджети, тому користувач має змогу розробити власне рішення для аналізу даних з таблиць та їх відображення, що надає перевагу у використанні хмарних технологій для доступу до даних.

Unit	DateOfMeasure	value	measureID	ElektroMeter_ElektroMeasure
кВт*год	12/1/2019, 2:00 AM	5,071.43	24	(1) Show
кВт*год	12/31/2019, 2:00 AM	5,183.32	24	(1) Show

Рисунок 6 – Графічне відображення даних з таблиці

Технічні рішення щодо впровадження дистанційного моніторингу в КПП ім. Ігоря Сікорського

Протягом 2020 року проведено закупівлю обладнання та облаштовано 32 вузли обліку теплової енергії у навчальних корпусах пристроями для дистанційного знімання даних через мережу Ethernet. Вперше починаючи з жовтня 2020 року знімання показів приладів обліку теплової енергії, а також щоденний тепломоніторинг навчальних корпусів здійснюється дистанційно. Вартість обладнання для реалізації даного етапу робіт разом з прокладанням мережі Ethernet склала близько 150 тис. грн. Також, у зв'язку з фізичною зношеністю (термін користування більше 20 років) більшості наявних вузлів обліку теплової енергії у навчальних корпусах проведено закупівлю та встановлення 18 вузлів обліку теплової енергії вітчизняного виробництва.

На балансі університету знаходиться 66 комерційних та 17 технічних вузлів обліку холодної води. Встановлено близько 30 вузлів обліку холодної води вітчизняного виробництва з імпульсним виходом, що дозволяє впровадити дистанційне знімання даних при доповненні лічильників відповідним обладнанням для передачі даних. Фахівцем Служби енергоменеджменту підібране обладнання для зчитування та дистанційної передачі даних з водолічильників та наразі відбувається процедура його закупівлі через систему Прозорро, а також прокладання ліній Ethernet до вузлів обліку з залученням фахівців КПП-телеком. До кінця 2021 року планується реалізувати проєкт дистанційного знімання показів з водолічильників та водомоніторингу. Оцінна вартість обладнання для реалізації даного етапу разом з прокладанням мережі Ethernet складає 250 тис. грн.

На балансі університету знаходиться більше 300 комерційних та технічних вузлів обліку електроенергії. Роботи з інтеграції електролічильників до системи АСКОЕ КПП ім. Ігоря Сікорського розпочато ще у 2004 році, однак з певних причин станом на сьогодні ще значна кількість вузлів обліку потребує переоснащення з подальшим підімкненням до системи. Прокладено лінії Ethernet до п'яти трансформаторних підстанцій, їх підімкнення фахівцем Служби енергоменеджменту планується здійснити у III кварталі 2021 року. Після завершення цих робіт планується під'єднання ще восьми трансформаторних підстанцій до системи АСКОЕ.

Підвищення якості освітніх послуг

Система віддаленого енергомоніторингу може виступати одночасно майданчиком для проведення науково-дослідних робіт, тим самим підвищуючи якість освітніх послуг. Зокрема, за участі студентів катедри теплотехніки та енергозбереження ІЕЕ (ТЕ) проводяться енергетичні обстеження будівель університету, оновлюються схеми інженерних мереж, що буде покладено в основу створюваного програмного забезпечення. Із залученням викладачів та студентів кафедр автоматизації теплоенергетичних процесів (АТЕП) та автоматизації енергетичних процесів і систем (АПЕПС) триває розробка програмного забезпечення.

До системи автоматизованого моніторингу може бути підключена цільова група – студенти ІЕЕ, ТЕФ, ФЕА та аспіранти різних спеціальностей. Майбутні фахівці галузі повинні здобувати сучасні знання з управління енергією, обслуговування інженерних мереж, розробки програмного забезпечення для оптимізації управлінських процесів. Це пропонується реалізувати шляхом наближення навчального процесу до реального життєзабезпечення університету як споживача комунальних послуг. Проєкт передбачає створення живої лабораторії для відслідковування процесів енергоспоживання та отримання студентами навичок управління будівлями на реальних об'єктах, які вони щодня відвідують та можуть своїми вчинками впливати на їх енергоефективність.

У результаті впровадження системи моніторингу можливе створення нових навчальних дисциплін з розробкою циклу лабораторно-практичних робіт, інтегрованих в реальне життя навчального закладу. Також планується використання розробленого програмного забезпечення та бази даних про енергоспоживання університету в існуючих навчальних дисциплінах, де вивчаються питання ефективності енергоспоживання будівель.

Висновки. Запровадження системи енергомоніторингу дозволить за рахунок своєчасного реагування на зміни в енергоспоживанні та усунення невиробничих витрат енергії забезпечити скорочення споживання енергії на 7-10% від базового рівня без додаткових капіталовкладень. Крім того, наявність

такої системи дозволить провести оцінку ефективності використання енергії, визначити проблемні місця, що в подальшому стане основою для залучення інвестицій в їх реновацію. Вирішення питання моніторингу, аналізу та прогнозування енерговитрат пропонується з застосуванням геоінформаційних технологій, що дозволить реалізувати оперативне управління не лише енергоспоживанням об'єкту, а й відслідковувати в реальному часі режими роботи інженерних мереж та обладнання. Для реалізації даного проекту доцільно залучити не тільки фінансові інвестиції, але й науковий потенціал закладу освіти, студентів та зацікавлені організації.

Стаття підготовлена в рамках виконання проекту «Розроблення техніко-технологічних схем та систем керування теплозабезпечення населених пунктів на основі термодинамічних підходів» (номер державної реєстрації НДР 0120U102168).

Список використаної літератури

1. Directive 2010/31/eu of the European parliament and of the council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast) // Official Journal of the European Communities. 2010, L153. – p. 13-35.
2. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» №2118-VIII // ВВР, 2017, № 33, р.359.
3. Управління ефективністю енерговикористання у вищих навчальних закладах: монографія / І.Ю.Білоус, В.І.Дешко, І.О.Суходуб, Шевченко О.М., Шовкалюк М.М. К.: Політехніка, 2015. 188 с.
4. Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель: Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 11.07.2018 р. №169. Офіційний вісник України. 2018, № 55. С. 301.
5. Про затвердження Мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівель: Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 27.10.2020. №260. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1257-20>.
6. Про затвердження Змін до Методики визначення енергетичної ефективності будівель: Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 27.10.2020. № 261. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1254-20>.
7. Енергоефективний кампус КПІ: інструменти та методи досліджень / О.М. Шевченко, М.М. Шовкалюк // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія Технічні науки. – 2019. № 4 (136). – С. 97–105.
8. Шевченко О.М. Розробка інвестиційних проектів підвищення енергоефективності студмістечка КПІ та інтеграція у освітній процес / Шевченко О.М., Шовкалюк М.М. // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія Технічні науки. - 2020. - № 4(148) - С.77-86.
9. Євтухов В.Я. Інформаційна та мотиваційна складові системи енергетичного менеджменту об'єктів галузі освіти / Євтухов В.Я., Дешко В.І., Шовкалюк М.М., Шевченко О.М. // Новини енергетики. – 2018. – №5. – с.10-23.
10. Дешко В.І. Енергетична освіта: досвід залучення Служби енергетичного менеджменту КПІ ім.Ігоря Сікорського у навчальний процес/ Дешко В.І., Євтухов В.Я., Шевченко О.М., Шовкалюк М.М. /Новини енергетики. – 2019. - №12. – с.9-17.
11. Efficiency of using energy in housing sector, under the general editorship of A.M. Pavlenko. Politechnika Świętokrzyska. Kielce, 2020, Pp. 155.
12. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. К.: Мінбуд України, 2017. 37 с.
13. EN 15232:2007. Energy performance of buildings – Impact of building Automation, Controls and Building Management. – CEN. – European Committee for Standardization, 2007.

Olena Shevchenko, PhD, Leading Energy Manager, ORCID 0000-0001-9304-5432

Maryna Shovkaliuk, PhD, Assoc. Prof, ORCID 0000-0002-1898-3493

Oleksandr Stepanets, PhD, Assoc. Prof, ORCID 0000-0002-4217-4901

Valery Shvaiko, Assoc. Prof, ORCID 0000-0002-4217-4901

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

DEVELOPMENT OF THE SYSTEM OF AUTOMATED MONITORING AND ANALYSIS OF ENERGY CONSUMPTION IN IGOR SIKORSKY KYIV POLYTECHNIC INSTITUTE

In Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute has an organizational structure for managing the energy consumption of the campus, which includes both organizational, informational and technical measures, including the creation of a remote energy monitoring system. This study examines the engineering aspects of energy management system formation for different types of consumers. The purpose of the work is to improve existing and develop new innovative management methods and tools of energy management, taking into account the parameters

of management objects; taking into account the relationship of energy generation sources, thermal protection, the parameters of the microclimate of the premises.

The facilities on the balance of the university are also a research platform for various research works, which is greatly facilitated by the energy management service in cooperation with other departments, faculties and departments. The software-based remote monitoring system is gradually being introduced, which will include an automated workplace of the energy manager, a geoinformation map of engineering networks and campus buildings, indoor temperature monitoring, automated metering and an analytical unit with the ability to predict energy consumption.

The aim of the article is to improve innovative methods and tools of energy management taking into account the parameters of objects, a comprehensive approach to in-depth analysis and planning of energy consumption and operating conditions of buildings, development of energy management through remote monitoring with integration into the educational process.

Research objectives: propose a project of an automated monitoring system for an educational institution and describe the structural elements of the software; to analyze the results of the phased implementation of the remote energy monitoring system and instrumental provision of remote metering of energy resources; show the possibilities of attracting the scientific potential of the university to improve the quality of educational services.

Keywords: *campus, building, energy management service, energy consumption, energy monitoring*

References

1. Directive 2010/31/eu of the European parliament and of the council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast) // Official Journal of the European Communities. 2010, L153. – p. 13-35.
2. Law of Ukraine "On Energy Efficiency of Buildings". Draft Law No.2118-VIII // Bulletin of the Verkhovna Rada, 2017, No.33, p.359.
3. Bilous, I.Yu., Dshko, V.I., Sukhodub, I.O., Shevchenko, O.M., & Shovkaliuk, M.M. Energy efficiency management in higher education institutions: monograph. Kyiv: Politekhnik, 2015, 188 p.p.
4. On approval of the Methodology for determining the energy efficiency of buildings: Order of the Ministry of Regional Development, Construction and Housing of Ukraine dated 11.07.2018 №169. Official Gazette of Ukraine, 2018, № 55. S. 301.
5. On approval of the Minimum requirements for energy efficiency of buildings: Order of the Ministry of Regional Development, Construction and Housing of Ukraine dated 27.10.2020. №260. Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1257-20>.
6. On approval of Amendments to the Methodology for determining the energy efficiency of buildings: Order of the Ministry of Regional Development, Construction and Housing of Ukraine dated 27.10.2020. №261. Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1254-20>.
7. Shevchenko O.M., Shovkaliuk M.M. KPI energy efficient campus: tools and research methods /Bulletin of Kyiv National University of Technology and Design. Technical Sciences Series. 2019, №4 (136), p.97–105.
8. Shevchenko O.M., Shovkalyuk M.M. Development of investment projects to increase the energy efficiency of the KPI campus and integration into the educational process // Bulletin of Kyiv National University of Technology and Design. Technical Sciences Series. 2020, № 4 (148), p.p.77-86.
9. Yevtukhov V.Ya., Dshko V.I., Shovkalyuk M.M., Shevchenko O.M. Information and motivational components of the energy management system of objects of education // Energy News, 2018, № 5, p.p.10–23.
10. Dshko V.I. Energy education: experience of involvement of the Energy Management Service of KPI named after Igor Sikorsky in the educational process / Dshko V.I., Yevtukhov V.Y., Shevchenko O.M., Shovkaliuk M.M. // Energy News, 2019, №12, p.p.9-17.
11. Efficiency of using energy in housing sector, under the general editorship of A.M. Pavlenko. Politechnika Świętokrzyska. Kielce, 2020, Pp. 155.
12. DBN B.2.6-31: 2016. Thermal insulation of buildings. K., 2017. 37 p.
13. EN 15232:2007. Energy performance of buildings – Impact of building Automation, Controls and Building Management. – CEN. – European Committee for Standardization, 2007.

Надійшла 13.05.2021

Received 13.05.2021