

*М. О. Лановський*  
*студент IV курсу спеціальності 123 – Комп'ютерна інженерія*  
*факультету кібербезпеки, програмної інженерії та комп'ютерних наук*  
*Міжнародний гуманітарний університет*  
*Науковий керівник: В. І. Гура*  
*кандидат технічних наук, доцент,*  
*завідувач кафедри комп'ютерних наук та інноваційних технологій*  
*факультету кібербезпеки, програмної інженерії та комп'ютерних наук*  
*Міжнародний гуманітарний університет*  
*м. Одеса, Україна*

## ВПРОВАДЖЕННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ ДЛЯ ПОЛІПШЕННЯ ЕНЕРГООЩАДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У БУДІВЛЯХ

**Анотація.** У статті окреслене поняття Інтернету речей, висвітлені структура, переваги та приклади реалізації системи «розумної» будівлі. Проведений аналіз використання технологій Інтернету речей для досягнення енергетичної ефективності та збереження довкілля.

**Ключові слова:** енергоефективність, енергоменеджмент, цифровізація, автоматизація, Інтернет речей, розумний будинок.

**Актуальність теми.** Інтернет речей (Internet of Things або IoT) активно впроваджується в різних галузях: від промисловості та транспортування до охорони здоров'я, агрокомплексів та будівництва «розумних» будинків та міст. Технології IoT можна використовувати для підвищення енергоефективності, збільшення частки відновлюваної енергії та зменшення впливу на довкілля. Споживання енергії та збереження довкілля – це ті галузі, що мають багато відкритих питань, які бурхливо обговорюються у всьому світі [1–3]. Якщо врахувати постійне підвищення цін на енергоносії, то створення енергоефективних споруд та систем в Україні – це не просто модна тенденція чи примха, а необхідність часу. Наша країна робить кроки у вищезгаданому напрямку: 2021 року був прийнятий Закон України «Про енергетичну ефективність», який визначає механізми, цілі та вимоги щодо зменшення споживання енергії будівлями [4].

Згідно зі схваленою Кабінетом Міністрів «Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018-2020 роки» [5], «цифровізація є визнаним механізмом економічного зростання завдяки здатності технологій позитивно впливати на ефективність, результативність, вартість та якість економічної, громадської та особистої діяльності». Тому метою даної роботи є аналіз засобів та методів досягнення енергетичної ефективності та збереження довкілля з допомогою цифрових технологій Інтернету речей.

**Формулювання завдання.** У рамках цієї статті необхідно виконати такі завдання: – окреслити поняття та принципи Інтернету речей; – висвітлити структуру та переваги «розумної» будівлі; – схарактеризувати застосування технологій Інтернету речей на прикладі систем опалення будівлі.

Концепція Інтернету речей – популярна та передова тенденція в розвитку сучасних інформаційно-комунікаційних технологій, яка здатна серйозно вплинути на розвиток сучасного суспільства, оскільки надає змогу багатьом процесам відбуватися без участі людини [1,6].

Щоби зрозуміти термін «Інтернет речей», потрібно спочатку схарактеризувати складові поняття: «інтернет» та «речі». Інтернет революціонізував комунікації, надаючи змогу різним комп'ютерним мережам у всьому світі об'єднатися для обслуговування мільярдів користувачів, використовуючи стандартний набір протоколів для швидкої, надійної та безпечної передачі інформації. До цієї глобальної мережі почали підключати «речі» – будь-які фізичні об'єкти, які можна розрізнити в реальному світі. Такі об'єкти включають не тільки електронні пристрої, наприклад, смартфони, персональні комп'ютери, але і предмети, які не вважаються електронними – їжа, одяг, меблі, деталі, обладнання та т.ін. [1] До цих предметів додають малогабаритні комп'ютери з телекомунікаційними можливостями, сенсори, що

збирають різноманітні дані, й актуатори для впливу на середовище. Зменшення розміру, споживання енергії та економічних витрат на виготовлення обладнання, зумовлене науково-технічним прогресом за останні десятиліття, дало нагоду виробляти мініатюрні та недорогі цифрові прилади, які активно використовуються в Інтернеті речей [7]. Але концепція IoT являє собою не просто мережевий зв'язок різноманітних датчиків та пристроїв, а щільну інтеграцію реальних речей у віртуальні системи, які здатні вирішувати різноманітні завдання та в яких здійснюється взаємодія людей і приладів. Прикладами таких завдань є підвищення ефективності праці, полегшення повсякденного життя, заощадження енергії, створення цифрової моделі фізичного об'єкта чи процесу («цифрового двійника») і под. [2,3,6].

Міністерство розвитку громад та територій України спільно з Німецьким товариством міжнародного співробітництва у 2018 році створили звіт «Система енергоефективності в Україні», який показує, що наша держава споживає майже 52 млн тонн нафтового еквівалента (тне). Найбільшим споживачем енергії є побутовий сектор – 17,6 млн тне, що складає ~35 % споживання країни [8].

Однією з поширених галузей використання Інтернету речей є «розумна» будівля – будинок, оснащений датчиками та системами керування з можливостями автоматизації, зв'язку й аналітики. Ці системи об'єднуються у єдину інфраструктуру, генерують та опрацьовують великі обсяги даних задля інтелектуального контролю та управління будівлею, підвищення надійності та продуктивності, заощадження енергії та ресурсів і, що більш важливо, забезпечення комфортного, гнучкого та безпечного середовища для мешканців. Тобто, на відміну від «розумного» будинку, у якому об'єднані в мережу окремі житлові приміщення, термін «розумна» будівля означає цифровізацію будівлі (наприклад, навчального закладу, офісу, лікарні, житлового комплексу тощо) загалом [3,9,10].

Згідно з роботою [11], «розумні» будівлі складаються з трьох основних систем інтелектуального контролю та керування: а) інформаційна система. Отримує дані від систем збору даних, агрегує їх, надає інструменти звітності та візуалізації для розуміння тенденцій, що дає змогу робити висновки про продуктивність і приймати цілеспрямовані рішення; б) система аналізу. Виконує подальший аналіз для виявлення конкретних проблем, на які можуть неявно вказувати зібрані дані. У рамках цієї системи зазвичай використовується моделювання для забезпечення можливостей своєчасного виявлення та діагностики несправностей; в) система управління. Підключається та керує в будівлі обладнанням, наприклад, системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря та системи освітлення, використовуючи програмовані розклади й умови для зміни заданих значень та інших параметрів. Складові структури «розумного» будинку зображені на рис. 1.



Рис. 1. Структура «розумної» будівлі

Переваги «розумної» будівлі можуть бути узагальнені в такий спосіб [3,12]: – скорочення витрат: завдяки системам «розумної» будівлі можна суттєво знизити споживання енергії та ресурсів, що також

зменшує викиди CO<sub>2</sub>, позитивно впливаючи на довкілля. Це вигідно як для мешканців, так і власників будівель; – безпека: відеоспостереження, виявлення пожежі, витoku газу, використання систем самодіагностики та можливість оповіщення, коли обладнання виходить із ладу або його продуктивність починає знижуватися; – комфорт мешканців: «розумні» будинки вивчають поведінку та вподобання користувачів і прагнуть максимізувати їхній комфорт; – охорона здоров'я: у всіх рішеннях «розумних» будівель здоров'я мешканців має найвищий пріоритет, тому забезпечується підтримання, наприклад, відповідної температури, параметрів стану повітря та інтенсивності освітлення; – економія часу: автоматизація щоденних процедур може значно заощадити час; – надання підтримки: «розумні» будівлі можуть покращити якість життя людей похилого віку та інвалідів, забезпечуючи безпечне та комфортне середовище.

Приклади застосування технологій IoT у будівлях наведені в роботі [3]: – створення інтелектуального шаблону для будівництва енергоефективних будівель із сенсорно-орієнтованою архітектурою; – інтеграція системи моніторингу та управління будівлею (СМУБ), яка збирає дані, контролює та збільшує енергетичну ефективність, що допомагає термомодернізації для відповідності сучасним енергетичним вимогам, та забезпечує дистанційний та безперервний нагляд за всіма технічними системами.

Майже 70 % житла в Україні було збудовано у 1946-1990 рр. з застосуванням низьких стандартів енергоефективності, що призводить до надмірного споживання енергії навіть після модернізації джерел тепла. У такому випадку потрібно виконувати термомодернізацію самої будівлі, оскільки більша частина тепла втрачається саме через стіни та вікна [8].

Зупинимось на СМУБ для вже побудованих будівель. Автори роботи [3] пропонують використовувати «розумні» термостати на базі IoT для запобігання неефективної роботи системи опалення, що призводить до додаткових витрат на енергоносії та викидів забруднювальних речовин у довкілля. Такі термостати можуть впливати на систему ОВК будівлі та контролювати температуру в приміщенні, оскільки вони можуть зображати тепловий стан кожної кімнати. На основі цих даних СМУБ може розробляти теплові моделі відповідно до енергоефективності та комфорту мешканців. Іншим рішенням може бути використання датчиків присутності в кожній кімнаті, щоби зменшити нагрівання незайнятих кімнат, але зберегти задану температуру в потрібних.

**Висновки.** Проведено аналіз засобів та методів досягнення енергетичної ефективності та збереження довкілля з використанням Інтернету речей. Визначено, що найкраще рішення щодо впровадження IoT для зниження енергоспоживання в будівлях та збереження довкілля не завжди можна знайти. Це пов'язано з тим, що кожне застосування залежить від цілей використання, розташування, застосованих під час будівництва стандартів енергоефективності та характеристик будівлі. Але в будь-якому разі Інтернет речей може стати потужним інструментом для: моніторингу та підвищення ефективності споживання енергії та ресурсів у житлових, комерційних та ін. будівлях, що зменшить викид шкідливих речовин у довкілля; реалізації державної політики щодо енергетичної ефективності для стимуляції формування екологічної відповідальності громадян України.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Madakam S., Ramaswamy R., Tripathi S. Internet of Things (IoT): A Literature Review // Journal of Computer and Communications. Scientific Research Publishing, Inc, 2015. Вип. 03, № 05. С. 164–173.
2. Уривський Л.О. et al. Дослідження і розробка рішень Інтернету речей широкого застосування // Sciences of Europe. Global Science Center LP, 2019. Вип. 1, № 36. С. 39–54.
3. Metallidou C.K., Psannis K.E., Egyptiadou E.A. Energy Efficiency in Smart Buildings: IoT Approaches // IEEE Access. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2020. Вип. 8. С. 63679–63699.
4. Мінрегіон вперше в Україні встановив мінімальні вимоги до енергоефективності будівель – Мінрегіон. URL: <https://www.minregion.gov.ua/press/news/minregion-vpershe-v-ukrayini-vstanovyv-minimalni-vymogy-do-energoefektyvnosti-budivel/> (дата звернення: 05.10.2022).
5. Про схвалення Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018-2020 роки та затвердження плану заходів щодо її реалізації | від 17.01.2018 № 67-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/67-2018-%D1%80#Text> (дата звернення: 10.10.2022).
6. Жураковський Б.Ю., Зенів І.О. Технології інтернету речей. Навчальний посібник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 271 с.
7. Fleisch E. What is the Internet of Things? : An Economic Perspective // Economics, Management, and Financial Markets. New York, NY: Addleton Academic Publishers, 2010. Вип. 5, № 2. С. 125–157.
8. Мінрегіон спільно з GIZ підготували звіт «Система енергоефективності в Україні» – Мінрегіон. URL: <https://www.minregion.gov.ua/press/news/minregion-spilno-z-giz-pidgotuvali-zvit-sistema-energoefektivnosti-v-ukrayini/> (дата звернення: 09.10.2022).

9. King J., Perry C. Smart buildings: Using smart technology to save energy in existing buildings. American Council for an Energy-Efficient Economy Washington, DC, USA, 2017.
10. Karimi R. et al. Smart Built Environment Including Smart Home, Smart Building and Smart City: Definitions and Applied Technologies // Advances and Technologies in Building Construction and Structural Analysis. IntechOpen, 2021.
11. The three types of smart building systems: the way forward for practitioners and vendors | by Joseph Aamidor | Medium. URL: <https://medium.com/@jaamidor/the-three-types-of-smart-building-systems-the-way-forward-for-practitioners-and-vendors-bccdf9d005f4> (дата звернення: 08.10.2022).
12. Batov E.I. The distinctive features of «smart» buildings // Procedia Eng. Elsevier Ltd, 2015. Вип. 111. С. 103–107.

***M. Lanovskyi. Implementation of Internet of Things to improve energy-saving technologies in buildings. – Article.***

***Summary.*** In this paper, the author defines the concept of the Internet of Things and specifies the structure, benefits, and examples of implementation of the smart building system. The usage of Internet of Things technologies to achieve energy efficiency and environmental protection was analyzed.

***Key words:*** energy efficiency, energy management, digitalization, automation, Internet of Things, smart building.

**УДК (004.94+004.67)**

**DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5682/2022/37/36>**

***Т. Д. Чернова***

*студентка IV курсу спеціальності 123 – Комп'ютерна інженерія  
факультету кібербезпеки програмної інженерії та комп'ютерних наук  
Міжнародний гуманітарний університет  
м. Одеса, Україна*

***Д. І. Власенко***

*студент IV курсу спеціальності 123 – Комп'ютерна інженерія  
факультету кібербезпеки програмної інженерії та комп'ютерних наук  
Міжнародний гуманітарний університет  
Науковий керівник: ***В. І. Гура***  
кандидат технічних наук, доцент,  
завідувач кафедри комп'ютерних наук та інноваційних технологій  
факультету кібербезпеки, програмної інженерії та комп'ютерних наук  
Міжнародний гуманітарний університет  
м. Одеса, Україна*

## **ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ВИВЧЕННІ ПРИРОДИ ЧОРНИХ ДІР**

***Анотація.*** Звернення до проблеми дослідження моделювання природи виникнення чорних дір зумовлене сучасними тенденціями у вивченні космології. Розглядаються питання про фізику чорних дір, а також можливість моделювання з використанням сучасних суперкомп'ютерних технологій. Ставляться завдання аналізувати можливості сучасних суперкомп'ютерів для вирішення завдань для пошуку первинних чорних дір. Увага сконцентрована на можливості отримання реальних фотографій чорних дір.

***Ключові слова:*** чорна діра, горизонт подій, суперкомп'ютери, гравітаційні хвилі, моделювання, симуляція.

**Актуальність теми.** Для вивчення природи чорних дір слід розібратися в їх структурі і поведінці, а також ознайомитися з моделюванням фізичних процесів, завдяки яким астрономи проводять ретельне моделювання на суперкомп'ютерах, яке допомагає розібратися в багатьох питаннях шляхом проведення симуляції.