

УДК: 336.22:338.2; DOI: 10.31388/2519-884X-2021-43-22-29

Грицаєнко М.І., к.е.н., доцент
nick.grytsayenko@tsatu.edu.ua

Грицаєнко Г.І., к.е.н., доцент
halyna.hrytsaienko@tsatu.edu.ua

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

ІНВЕСТИЦІЇ В ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ «РОЗУМНОГО БУДИНКУ»

Анотація. В статті розглядається сутність поняття «розумний будинок», визначається склад та взаємозв'язок основних елементів цієї ієрархічної системи, а також на основі опитування мешканців двокімнатних квартир з теплою підлогою здійснюється обґрунтування доцільності інвестицій в його енергоефективність. На основі дослідження визначені інші енергоефективні заходи, які сприятимуть підвищенню ефективності застосування системи «розумний будинок».

Ключові слова: «розумний будинок», енергоефективність, інвестиції, екологія, житлове середовище, інформаційно-комунікаційні технології

JEL Code classification: D1, D9, I3, R2

Hrytsaienko M.I., PhD in Economics, Associate Professor
nick.grytsayenko@tsatu.edu.ua

Hrytsaienko H.I., PhD in Economics, Associate Professor
halyna.hrytsaienko@tsatu.edu.ua
Dmytro Motorny Tavria State Agrotechnological University

INVESTMENT IN THE ENERGY EFFICIENCY OF A "SMART HOUSE"

Abstract. Setting objectives. The purpose of the article is to determine the essence and composition of the "smart home" system, as well as to justify the feasibility of investing in its energy efficiency.

Research results. Based on the elaboration of literary sources, the author's definition of the concept of "smart home" as a complex hierarchical system of elements of automated care of the living space, which contributes to comfort and energy efficiency.

A hierarchical three-level system of "smart home" was considered: a house or apartment - rooms - a variety of devices and sensors that directly ensure the performance of daily routine tasks both indoors and outdoors, with minimal or no human intervention. The "smart home" system was also considered in terms of elements - devices and sensors. Finally, the "smart home" system is presented as a separate element of a larger system - through the prism of control methods.

Based on a survey of residents of two-room apartments with individual heating and underfloor heating, the feasibility of investing in energy efficiency of the "smart home" system was substantiated. Based on the study, other energy efficient measures have been identified that will help increase the efficiency of the smart home system.

Conclusions. Thus, due to the wider use of information and communication technologies - the introduction of a "smart home" - can improve the quality of human life, while significantly reducing the consumption of natural resources and contribute to the preservation of the natural environment, which confirms the feasibility of investment in this area.

Keywords: "smart home", energy efficiency, investment, ecology, living environment, information and communication technologies.

Постановка проблеми. Кліматичні зміни, необхідність збереження природних ресурсів та середовища, зростання потреб електроенергетики та цін на вуглеводневе паливо, а

також заклики щодо покращення здоров'я та продовження життя людей обумовлюють необхідність боротьби з глобальними екологічними проблемами. На жаль, загально-

світові викиди CO₂ у 2018-му році порівняно з 1990-м роком зросли на 63,4% і становили 33513,3 Мт CO₂, або 4,42 т CO₂ на душу населення [10].

В 2016 р. була підписана «Угода мерів щодо клімату та енергії» [9], що об'єднала місцеві та регіональні влади, які добровільно взяли на себе зобов'язання з реалізації цілей Європейського Союзу в області клімату та енергетики на своїй території. Місцева влада, підписавши угоду, розділяє прагнення до зменшення використання вуглеводневого палива, а також підвищення стійкості міст, де громадяни матимуть доступ до безпечної та доступної енергії. Сторони, які підписали угоду, зобов'язуються скоротити викиди CO₂ не менш ніж на 40% до 2030 року і підвищити стійкість своїх населених пунктів до впливів зміни клімату [9].

Вважаємо, що перспективним напрямком у створенні енергоефективного житлового середовища є впровадження систем «розумного будинку», що обумовлює актуальність обраної теми дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми «розумного будинку» досліджують багато науковців, в тому числі зарубіжні: Агее Пг. [6], Албрехт Й. [7], Бруш А.Й. [7], Газас М. [7], Гао Х. [6], Жао З. [11], Клейнер Б. [6], Менг К. [11], Міллер Р. [7], МцЦои А. [6], Паїре Ф. [6], Цаї И. [11], Чен Ш.-Ф. [8] та інші, а також вітчизняні: Глибовець А.М. [1], Карпінець Р.М. [4], Мельський Д.О. [3], Моголівський В.О. [1], Сидоренко Р.В. [4], Староверов Р.М. [3], Фурман І.О. [3], Цмоць І.Г. [4], Чижевська М.А. [5] та багато інших дослідників. Так, Бруш А.Й., Албрехт Й., Міллер Р. та Газас М. висвітлюють дослідження розумних будинків за матеріалами журналу АСМ за інтерактивними, мобільними та загальними технологіями (IMWUT), представленими на Міжнародній спільній конференції АСМ у вересні 2019 року [7]. Жао З., Менг К. та Цаї И. розглядають підприємства, які розробляють інтелектуальне оздоблення для будинку – це підприємства з високими вимогами до інновацій, продукція яких здебільшого залежить від великих обсягів інвестицій у НДДКР для підтримання власної конкурентоспроможності [11].

Агее Пг., Гао Х., Паїре Ф., МцЦои А. та Клейнер Б. на основі багатофазного, змішаного методу дослідження пропонують при проектуванні та постачанні систем інтелектуального будівництва застосовувати ітеративний, орієнтований на людину підхід [6]. Чен Ш.-Ф. описує концептуальну модель розумних будівель як екосистеми екологічних компонентів. На думку автора, «розумність» будівлі повинна бути властивістю багатьох взаємодіючих компонентів, а не задалегідь запрограмованою координацією дій. В його дослідженні представлено прототип розумного будинку з програмним моделюванням та апаратним експериментом [8].

Незважаючи на численність публікацій, залишаються недопрацьованими питання інвестицій в енергоефективність «розумних будинків», у зв'язку з цим наявна потреба в їхньому подальшому науковому дослідженні.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Мета статті – визначення сутності та складу системи «розумний будинок», а також обґрунтування доцільності інвестицій в його енергоефективність.

Виклад основного матеріалу. Стратегічне значення для кожної країни мають інвестиції в енергетику та енергоефективність внаслідок того, що стан національної економіки та екології нерозривно зв'язаний з процесами виробництва та споживання енергії.

Розрахунки, зроблені за даними країн – колишніх республік СРСР – у 2018-му році, свідчать про наявність дуже сильного, близького до функціонального зв'язку між загальними викидами CO₂ (y) та розміром ВВП країни (x):

$$y = 0,3902x - 3,2501;$$

$$D = 0,886; R = 0,9413.$$

Тобто, збільшення ВВП країни на 1 млрд. міжнародних доларів (за паритетом купівельної спроможності) супроводжується ростом загальних викидів CO₂ на 0,39 Мт CO₂.

Залежність загальних викидів CO₂ (y) від розмірів загальної пропозиції первинної енергії (y) також має прямо пропорційний характер з майже функціональним зв'язком:

$$y = 2,317x - 1,48;$$

$$D = 0,9538; R = 0,9766.$$

За розрахунками, збільшення загальної пропозиції первинної енергії на 1 Мтоє викликає зростання загальних викидів на 2,32 Мт CO₂.

Вважаємо, що кореляційно-регресійні залежності розмірів загальних викидів CO₂ від факторів, що на них впливають, ілюструє проблеми енергоспоживання та екології, які загострюються з кожним роком і потребують суттєвих інвестицій для боротьби з негативними наслідками.

В 2020-му році внаслідок епідемії COVID-19 значно зменшилися попит та ціни на ене-

ргоносії, внаслідок чого загальносвітові інвестиції в чисту енергію та енергоефективність порівняно з 2019-м роком скоротилися на 68 млрд. дол. США і становили 567,8 млрд. дол. США [10]. В той же час в Україні продовжились розробка та впровадження інвестиційних проєктів з відновлюваної енергетики та енергоефективності. Так, станом на 01 жовтня 2020 р. в Україні розроблялось 918 проєкти (рис. 1), в тому числі 42 – у Запорізькій області, з яких 3 проєкти у м. Мелітополі та Мелітопольському районі [2].

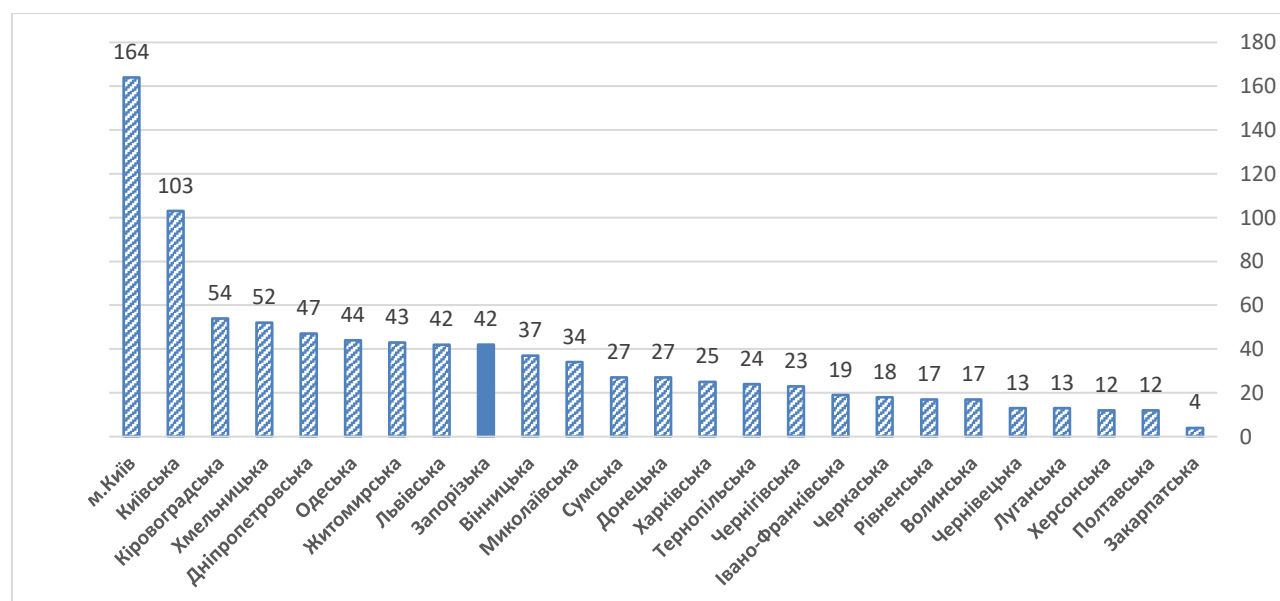


Рис. 1. Кількість інвестиційних проєктів у сфері відновлювальної енергетики та енергоефективності станом на 01.10.2020 р., од.

Джерело: складено за даними [2]

Одним з далекосяжних напрямів створення енергоефективного житла є впровадження систем «розумного будинку». Для розв'язання проблем, пов'язаних з інвестиціями в їхній розвиток, необхідно чітко визначитись з сутністю цього поняття (табл. 1).

Різні автори, визначаючи сутність поняття «розумний будинок», використовують схожі епітети: сукупність [1], комплекс [4], систе-

ма [3, 5]. Вважаємо, що з позицій системного підходу доцільно «розумний будинок» розглядати як складну ієрархічну систему елементів автоматизованого догляду за житловим приміщенням, яка сприяє підвищенню комфортності та енергоефективності. На рис. 2 наведена ієрархічна трирівнева система «розумного будинку».

Тракткування сутності поняття «розумний будинок»

Автор	Тракткування
Глибовець А.М., Моголівський В.О. [1, с. 30]	Розумний будинок – це сукупність програмного й апаратного забезпечення, що об'єднує та координує роботу всіх пристроїв у приміщенні, а також дає змогу керувати ними як одним цілим.
Фурман І.О., Староверов Р.М., Мельський Д.О. [3, с. 79]	«Розумний будинок» – це система автоматичного керування різними інженерними системами як всередині, так і поза приміщенням. Найбільш інтелектуальне керування комфортом, якщо до комплексу підключені абсолютно всі системи: освітлення та опалення, водо-, газопостачання, кондиціонування і вентиляція і т.д.
Цмоць І.Г., Карпинець Р.М., Сидоренко Р.В. [4, с. 108]	Інформаційні технології розумного будинку повинні зв'язати в єдиний комплекс різне обладнання та інженерні підсистеми житла, керувати ними так, щоб забезпечувати високу енергоефективність і створювали максимально комфортний стан для проживання.
Чижевська М.А. [5, с. 61]	«Розумний будинок» – це комплексна система, здатна управляти пристроями за заздалегідь створеним алгоритмом реагування на задані події. «Розумний будинок» дозволяє управляти домашніми енергоресурсами і мінімізувати нераціональне витрачання енергетичних ресурсів.
Чижевська М.А. [5, с. 62]	Розумний будинок – це система, сукупність пристроїв з єдиним центром управління. Основне завдання системи полягає у виконанні повсякденних задач без участі людини або з найменшим її втручанням. Список завдань визначається потребами і можливостями споживача. Розумний будинок – це високотехнологічна система, яка створена об'єднати всі комунікації приміщення.

Джерело: складено на основі опрацювання літературних джерел

Так, на першому рівні ієрархічної системи розміщується безпосередньо будинок або квартира, на другому – кімнати, на третьому – різноманітні прилади і сенсори, які безпо-

середньо забезпечують виконання повсякденних рутинних завдань як всередині, так і поза приміщенням, з мінімальним втручанням або без участі людини.

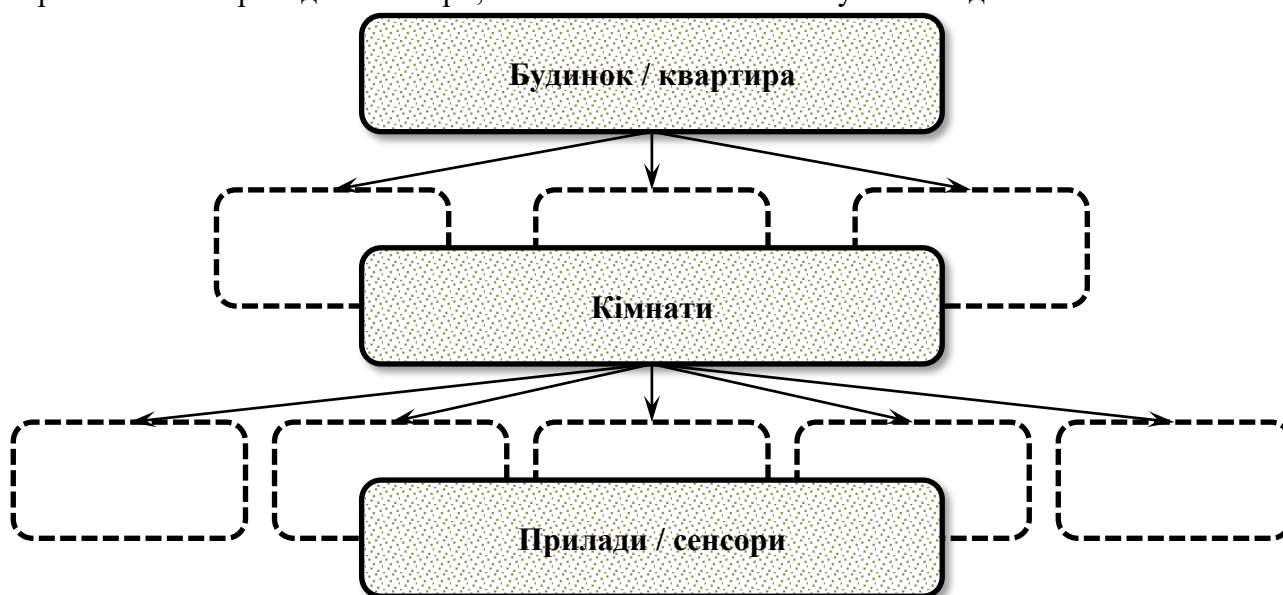


Рис. 2. Ієрархічна система «розумного будинку»

Джерело: складено на основі власних досліджень

Систему «розумний будинок» можна розглядати в розрізі елементів – пристроїв та сенсорів (рис. 3). Основними сенсорами будуть виступати датчики температури, вологості, руху, пристроями – відповідно домашні роботизовані та просто електронні асистенти, предмети «розумної» побутової техніки та інших пристроїв, пристрої для забезпечення безпеки, а також розважальні аудіо- та відеосистеми.

Систему «розумний будинок» можна розглядати як окремий елемент більш крупної системи – через призму способів керування (рис. 4). Тобто, керувати «розумним будинком» можна за допомогою дистанційного пульта і панелі управління, автоматично – на основі сенсорів, а також віддалено – через мобільні та стаціонарні пристрої.

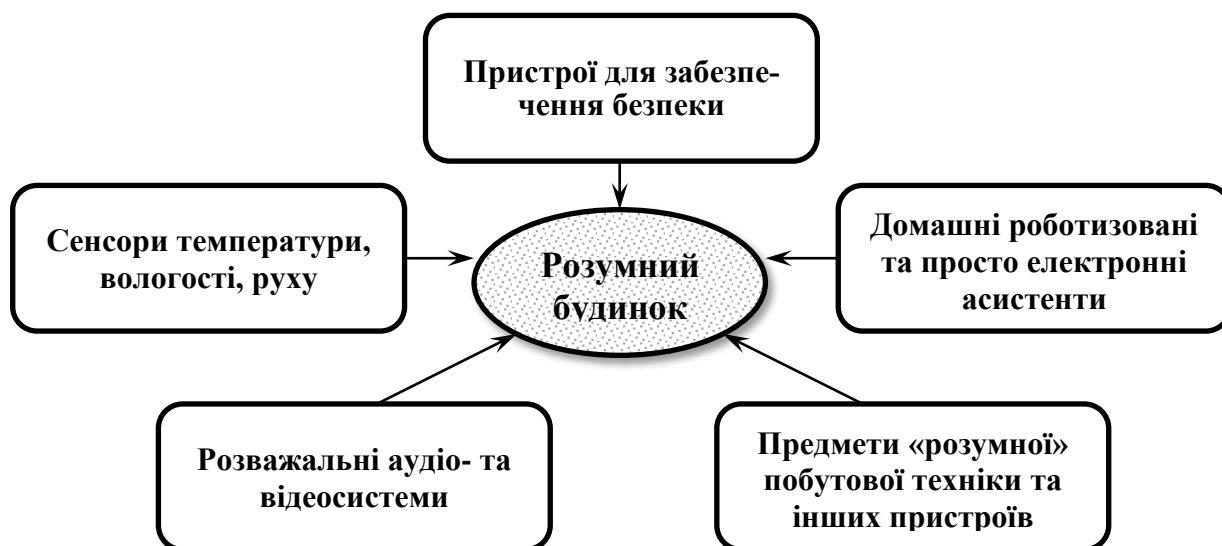


Рис. 3. Елементи системи «розумний будинок»

Джерело: складено на основі власних досліджень

Як приклад системи «розумний будинок» було розглянуто Metafora – бюджетне рішення від німецького виробника компанії Larnitech GmbH вартістю 19,9 тис. грн. (ціна в роздрібній торгівлі в грудні 2020 р.). Ця

система дозволяє повноцінно управляти дво- та трикімнатною квартирою, має віддалений доступ, безкоштовний додаток в AppStore і Play Market для управління квартирою зі смартфона.



Рис. 4. Основні способи керування «розумним будинком»

Джерело: складено на основі власних досліджень

Для розрахунку ефективності інвестицій в систему «розумний будинок» було опитано 17 осіб, які мешкають в місті Мелітополь у двокімнатних квартирах з індивідуальним опаленням та теплою підлогою (табл. 1).

Таблиця 1

Розрахунок ефективності системи «розумний будинок» для двокімнатної квартири з індивідуальним опаленням та теплою підлогою

Показник	В середньому на одну квартиру за місяць періоду	
	міжопалювального (з 1 травня до 30 вересня включно)	опалювального (з 1 жовтня до 30 квітня включно)
Площа квартири, кв. м	60,2	60,2
Кількість мешканців, осіб	3	3
Витрати:		
електроенергії		
кВ/год	264,3	243,4
грн.	305,04	275,8
води		
куб. м	14	16
грн.	490,89	562,03
газу		
куб. м	21,9	86,9
грн.	226,55	898,66
Очікувана економія від використання системи «розумний будинок», всього, грн.	347,98	639,44
в т.ч.:		
електроенергії*		
%	20	20
грн.	61,01	55,16
води*		
%	40	40
грн.	196,36	224,81
газу*		
%	40	40
грн.	90,62	359,46

* економія ресурсів за даними [7, с. 66]

Джерело: розраховано на основі власних досліджень

Таким чином, за розрахунками, за шість місяців міжопалювального періоду очікувана економія від використання системи «розумний будинок» становитиме 2087,9 грн., опалювального періоду – відповідно 3836,62 грн. За рік очікувана економія може скласти до 5924,52 грн. Термін окупності системи «розумний будинок» Metaforsa становитиме 3,4 року.

Крім цього, система «розумний будинок» сприятиме економії на обслуговуванні, бага-

тократному збільшенні терміну служби устаткування, запобіганню виникнення аварійних ситуацій тощо.

Безумовно, підвищенню ефективності застосування системи «розумний будинок» сприятимуть інші енергоефективні заходи, в тому числі заміна вікон, теплоізоляція стін та даху, встановлення вітрогенераторів, автономних сонячних електростанцій, сонячних колекторів для нагрівання води тощо. В Україні для населення та ОСББ з метою підт-

римки енергозбереження діє Урядова програма «теплих кредитів», а також місцеві програми здешевлення «теплих кредитів» [2].

Аналіз існуючих варіантів використання систем «розумний будинок» свідчить про те, що для максимального ефекту енергоефективними якостями повинна володіти вся житлова забудова, тобто житлові будинки, прилегла територія, а також уся необхідна для їхнього обслуговування інфраструктура.

На жаль, у вітчизняній практиці будівництва та архітектури недостатньо відповідних прикладів, які б у найбільшій мірі відповідали сучасним вимогам до формування енерго-і ресурсоефективного, комфортного, здорового і гармонійного з природою житлового середовища. Вважаємо, що необхідні суттєві інвестиції для проведення наукових досліджень

зі створення інженерних і комп'ютерних технологій життєзабезпечення та енергоефективності житла, а також для подальшого застосування отриманих результатів у практиці проектування і будівництва.

Висновки. Отже, за рахунок більш широкого застосування інформаційно-комунікаційних технологій – впровадження системи «розумний будинок» – можна покращувати якість життя людини, при цьому суттєво скорочувати споживання природних ресурсів та сприяти збереженню природного середовища, що підтверджує доцільність інвестицій в цьому напрямі. Перспективами подальших досліджень є аналіз українського ринку відповідних товарів та технологій, а також ефективності їхнього застосування для створення комфортних умов життя сучасної людини.

Список літератури:

1. Глибовець А.М., Моголівський В.О. Аналіз програмних систем підтримки розумного будинку. *Control systems and computers*, 2019. № 3. С. 30-37.
2. Інвестиції. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України : веб сайт. URL: <https://saee.gov.ua/uk/business/investyscii> (дата звернення: 25.12.2020).
3. Фурман І.О., Староверов Р.М., Мельський Д.О. Огляд можливостей «розумного будинку» для покращання побутових умов та зменшення витрат на утримання домогосподарств. *Енергетика та комп'ютерно-інтегровані технології в АПК*. 2014. № 2. С. 79-80.
4. Цмоць І.Г., Карпинець Р.М., Сидоренко Р.В. Структури та алгоритми роботи підсистем управління мікрокліматом і освітленням розумного будинку. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. Т. 28, № 1. С. 108-111.
5. Чижевська М.А. Параметри інформаційної системи «розумний будинок». *Наукові записки УНДІЗ*. 2019. №4(56). С. 61-67.
6. Agee Ph., Gao X., Paige F., McCoy A., Kleiner B. A human-centred approach to smart housing, *Building Research & Information*. 2020. URL: https://www.researchgate.net/publication/343859256_A_human-centred_approach_to_smart_housing (date of application: 25.12.2020).
7. Brush A.J., Albrecht J., Miller R., Hazas M. Smart Homes. *IEEE Pervasive Computing*. 2020. Vol. 19(2). P. 69-73.
8. Chien Sh.-F. An Emergent Smart House. *Communications in Computer and Information Science*. 2013. Vol. 369. P. 198-209.
9. The Covenant of Mayors for Climate and Energy Reporting Guidelines. *European Commission* – website. URL: <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/covenant-mayors-climate-and-energy-reporting-guidelines>. (date of application: 25.12.2020).
10. World Energy Investment. *International Energy Agency* : website. URL: <https://www.iea.org>. (date of application: 25.12.2020).
11. Zhao Z., Meng Q., Cai Y. Research on Measures to Improve the Innovation Performance of R&D Investment in Smart Home Enterprises. *Open Journal of Business and Management*. 2018. Vol. 06(04). P. 890-899.

References:

1. Hlybovets', A.M. & Moholivs'kyj, V.O. (2019). Analysis of software systems for smart home support. *Control systems and computers*, 3, 30-37 [in Ukrainian].
2. Investments. *State Agency for Energy Efficiency and Energy Saving of Ukraine* (2020). Official web-site. Retrieved from: <https://saee.gov.ua/uk/business/investyscii> [in Ukrainian].
3. Furman, I.O., Staroverov, R.M. & Mel's'kyj, D.O. (2014). Overview of the possibilities of a "smart home" to improve living conditions and reduce the cost of maintaining households. *Energy and computer-integrated technologies in agriculture*, 2, 79-80 [in Ukrainian].
4. Tsmots', I.H., Karpinets', R.M. & Sydorenko, R.V. (2018). Structures and algorithms of operation of subsystems of microclimate control and lighting of a smart home. *Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*, 28(1), 108-111 [in Ukrainian].
5. Chyzevs'ka, M.A. (2019). Parameters of the information system "smart home". *Scientific notes of UNDIZ*, 4(56), 61-67 [in Ukrainian].

6. Agee, Ph., Gao, X., Paige, F., McCoy, A. & Kleiner, B. (2020). A human-centred approach to smart housing, *Building Research & Information*. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/343859256_A_human-centred_approach_to_smart_housing (date of application: 25.12.2020).
7. Brush, A.J., Albrecht, J., Miller, R. & Hazas, M. (2020). Smart Homes. *IEEE Pervasive Computing*, 19(2), 69-73.
8. Chien, Sh.-F. (2013). An Emergent Smart House. *Communications in Computer and Information Science*, 369, 198-209.
9. The Covenant of Mayors for Climate and Energy Reporting Guidelines. *European Commission* (2020). Official web-site. Retrieved from: <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/covenant-mayors-climate-and-energy-reporting-guidelines>. (date of application: 25.12.2020).
10. World Energy Investment. *International Energy Agency* (2020). Official web-site. Retrieved from: <https://www.iea.org>. (date of application: 25.12.2020).
11. Zhao, Z., Meng, Q. & Cai, Y. (2018). Research on Measures to Improve the Innovation Performance of R&D Investment in Smart Home Enterprises. *Open Journal of Business and Management*, 06(04), 890-899.