

DOI [https://doi.org/10.15589/znp2021.4\(487\).6](https://doi.org/10.15589/znp2021.4(487).6)
УДК 728.2-52: 004.896

ENSURING EFFICIENCY OF ENERGY CONSUMPTION WHEN USING MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПІД ЧАС ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Svitlana V. Haidukevych

SoleykoS@i.ua

ORCID: 0000-0001-5910-5921

Nadiia P. Semenova

0677524248@ukr.net

ORCID: 0000-0002-8478-9429

Yaroslav A. Leskiv

yaroslav.leskiv@gmail.com

ORCID: 0000-0001-9400-5491

С. В. Гайдукевич,

старший викладач

Н. П. Семенова,

старший викладач

Я. А. Леськів,

магістр

*Separated subdivision of the National university of bioresources and natural use of Ukraine
"Berezhansky agrotechnical institute", Berezhany*

*Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України
«Бережанський агротехнічний інститут», м. Бережани*

Abstract. At the present stage, there is often a question of saving energy. However, due to the fact that at present the production mainly uses obsolete and energy-consuming equipment, there are no funds for its modernization, not enough energy saving measures are implemented, so the calculations for energy consumption are high.

To ensure energy efficiency and save money on electricity consumed on the basis of modern information devices developed and manufactured automated control systems for electrical appliances and production equipment.

The aim is to highlight one of the methods of energy efficiency and energy saving through the use of modern information technology, which stimulates the development of new organizational and economic tools that can implement strategies and innovative development of modern smart industrial complexes and residential buildings.

Method. Development and analysis of capabilities of the automatic system aimed at ensuring energy saving.

Results. The developed and manufactured automatic system that implements methods and modern intelligent technologies aimed at ensuring energy efficiency and preventing electricity losses is presented. A program has been developed that interconnects all intelligent devices by implementing information technologies and performing various tasks with great accuracy. The BOT Telegram code was written and published on the GitHub platform to enable control of electrical devices and installations via the Telegram messenger.

Scientific novelty. The article discusses innovative approaches to the practical use of smart devices controlled and configured from a personal computer or smartphone to solve energy efficiency problems.

Practical significance. The developed and manufactured system of automatic control of objects can help to rationally use energy consumption and, with a combination of various technologies implemented by this system, significantly increase the efficiency of energy use.

Such systems can be used to equip residential buildings, government agencies, agricultural and industrial facilities, so the solution to this problem is significant and quite urgent.

Key words: economy; electricity; energy saving; intelligent technologies.

Анотація. Сьогодні актуальним є питання економії енергоресурсів. Оскільки нині у виробництві експлуатується переважно застаріле та енерговитратне обладнання, відсутні кошти на його модернізацію, не достатньо впроваджуються енергозберігальні заходи, то розрахунки за витрату енергоносіїв є дуже високими.

Для забезпечення енергоефективності та економії коштів за спожиту електроенергію на базі сучасних інформаційних пристроїв розроблено та виготовлено автоматизовану систему керування електропристроями та устаткуванням виробництва.

Мета полягає у висвітленні одного з методів забезпечення енергоефективності та енергозбереження за рахунок використання сучасних інформаційних технологій, що стимулює розроблення нових організаційних та економічних інструментів, здатних реалізувати стратегії та інноваційний розвиток сучасних розумних виробничих комплексів та житлових будівель.

Методика. Розробка й аналіз можливостей автоматичної системи, направлених на забезпечення енергоощадності.

Результати. Представлено розроблену та виготовлену автоматичну систему, яка реалізує методи та сучасні інтелектуальні технології, направлені на забезпечення енергоефективності та запобігання втратам електроенергії. Розроблено програму, яка взаємопов'язує всі інтелектуальні пристрої, реалізуючи інформаційні технології та виконуючи з великою точністю різноманітні завдання. Написано код Telegram-бота й опубліковано на платформі GitHub для надання можливості керувати електропристроями і установками через месенджер Telegram.

Наукова новизна. У статті розглянуто інноваційні підходи до практичного використання інтелектуальних пристроїв, керованих і налаштованих із персонального комп'ютера або смартфона для вирішення проблем енергоефективності.

Практична значимість. Розроблена та виготовлена система автоматичного керування об'єктами може допомогти раціонально використовувати витрати електроенергії та значно підвищити ефективність енерговикористання при поєднанні різних технологій, які реалізує ця система.

Подібними системами можна обладнувати житлові будинки, державні установи, об'єкти сільськогосподарського і промислового виробництва, тому вирішення цієї проблеми є значущим і досить актуальним.

Ключові слова: економія; електроенергія; енергозбереження; інтелектуальні технології.

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Нині перед усіма галузями промисловості та людством стоїть важливе завдання – енергозбереження та вирішення проблеми енергоефективності.

Причинами високої енергоємності є: збільшення техніки, застаріле та високовитратне обладнання, відсутність достатніх фінансових ресурсів для модернізації обладнання та заміни опалювальних приладів, а також відсутність розроблених та впроваджених енергозберігальних заходів. Усе це призводить до зростання цін на енергоносії, що є серйозним чинником вагомості питання економії електроенергії.

Тому з цією метою на міжнародному рівні задіяно комплекс механізмів та практичних інструментів економічного стимулювання заходів з впровадженням сучасних енергозберігальних технологій [1]. Це зумовлює розроблення нових організаційних та економічних інструментів, здатних забезпечити позитивний результат реалізації стратегій та інноваційного розвитку сучасних розумних виробничих комплексів та житлових будівель. Ідея розвитку розумного виробництва полягає в тому, що комп'ютерне програмне забезпечення, яке відіграє роль інтелектуального агента, сприймає стан фізичного середовища [2, с. 54], що контролюється за допомогою датчиків та відповідних протоколів, керує електричними пристроями та установками завдяки розробленій програмі, інтегрованій платформи і серверу [3, с. 87]. Однак наразі немає єдиної інструкції щодо вирішення цієї глобальної проблеми економії електроенергії.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Огляд праць вітчизняних та зарубіжних науковців сприяв ознайомленню з найактуальнішими методами,

спрямованими на підвищення енергоефективності та зменшення втрат електроенергії, тобто які переводять енергозбереження на якісно вищий рівень. Але досі немає універсального методу. Ці підходи щодо економії електроенергії використовують енергозберігальні технології, які зменшують витрати електроенергії. Наприклад, В.Ю. Харламенко запропонував метод, який базується на технології IoT за рахунок контролю та розподілу використання енергії між традиційними і нетрадиційними джерелами.

В останні роки основним напрямом політики в галузі енергоефективності є сприяння використанню більш ефективних приладів та компонентів [2, с. 54], тобто більшість науковців для вирішення такого складного завдання пропонують використовувати прогресивні технології. Але в кожного своє бачення. Якщо використовувати проекти відомих фірм, то це дуже дорого, до того ж у такий важкий час не всі господарства можуть цим скористатися.

ВИОКРЕМЛЕННЯ НЕ ВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ

Є декілька конкуруючих протоколів та технологій, проте залишаються не вирішеними ще дуже багато питань, особливо розроблених і впроваджених у практику проектів із розробки гнучкої автоматичної системи із застосуванням передових сучасних інформаційних технологій, високотехнологічних пристроїв та програмних засобів, що становить собою інтелектуальну систему управління, яка забезпечує узгоджену й автоматичну роботу всіх технологічних процесів виробництва з метою економії електроенергії та підвищення енергоефективності.

Мета дослідження – розробити та виготовити автоматизовану систему керування електропристроями та устаткуванням для забезпечення енергоефек-

тивності та економії коштів за спожиту електроенергію на базі сучасних інформаційних технологій.

МЕТОДИ, ОБ'ЄКТ ТА ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метод дослідження – аналіз та обробка результатів експериментальних даних у режимі реального часу з огляду на конкретну ситуацію для виявлення слабких сторін із метою проведення налаштування та введення додаткової функції.

Об'єкт дослідження – автоматизована система керування електропристроями виробництва на базі інтелектуальних пристроїв.

Предмет дослідження – система керування інтелектуальними пристроями.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Обслуговування складних об'єктів – це комплекс завдань, вирішення яких можливе за допомогою сучасних систем автоматизації [4, с. 57]. По-перше, підвищується рівень обслуговування, по-друге, можна досягти зменшення втрат. Але якщо господарства модернізувати, спорядивши сучасним інтелектуальним обладнанням, а керування інтегрувати в єдину мережу, то можна технологічними процесами управляти дистанційно. Обґрунтовуючи всі можливі методи підвищення енергозбереження та систематизуючи дійсні підходи до проектування енергоефективних автоматизованих систем, розроблено та виготовлено систему керування, яка є сукупністю апаратних та програмних засобів, спрямованих на зниження витрат електроенергії і тепла за рахунок наявності систем діагностування, обробки інформації, контролю. Така система завдяки візуалізації процесів [5, с. 155] та реалізації сучасних інформаційних технологій дає можливість одночасно виконувати велику кількість завдань із заданою точністю, як-от аналіз та регулювання інтелектуальних пристроїв за рахунок достатньої кількості інформації, яка надається користувачам, та їх тісної взаємодії.

Для візуалізації процесів контролю, керування, обліку та налаштування заданої програми використовується офіційний додаток Home Assistant. Він підтримує велику кількість різноманітних сервісів та апаратних засобів, як-от Sonos, Nest, Philips Hue, WeMo, Ikea, Arlo, Ecobee, Dyson, Xiaomi та August. А сама програма працює як концентратор для пристроїв, тобто дозволяє контролювати та керувати ними з одного місця через мережу Wi-Fi. Така система дає можливість полегшити автоматизацію виробничих процесів, до того ж є безпроводною. А це дозволяє виключити потребу додаткових кабелів, виконання ремонтних робіт, що добре впливає на економічний аспект проекту та на його ефективності [5, с. 156].

У розробленій автоматичній системі, яка складається з набору інтелектуальних пристроїв, керування і налаштування ведеться з персонального комп'ютера

або смартфона. У цій системі є два типи інтелектуальних пристроїв: готові придбані пристрої Sonoff і виготовлені пристрої на базі багатофункціональної мікропроцесорної плати NodeMcu з одноканальним реле, але можна використовувати і багатоканальні електромагнітні реле. Sonoff-пристрої є недорогими, але потрібно витратити немаленьку суму, враховуючи масштаби господарства за умов його модернізації, по-друге, ці пристрої виконують небагато функцій. А пристрої, виконані на мікропроцесорній платі NodeMcu, по-перше, набагато дешевші, по-друге, багатофункціональні.

Головною структурою розробленої системи є сервер, який сприймає всі запити від користувачів, обробляє інформацію, яка надходить, аналізує параметри системи, а потім подає сформовані команди на виконання тієї чи іншої дії. Ці команди через сервер надходять у мережу, після чого реалізуються відповідними об'єктами. Керування здійснюється за заданими сценаріями (протоколами).

Функціонування розумних Sonoff-пристроїв і автоматичних вимикачів типу HOCH ZJSB9-80Z виконується програмним додатком eWeLink. Оскільки цей додаток повністю не задовольняє вимоги системи, то додатково вибрано та встановлено програмну систему Home Assistant, яка є сервером для керування майже всіма доступними смартпристроями і відповідає за взаємодію цих пристроїв між собою та користувачами. Ця система може керуватися навіть через месенджер Telegram, для якого магістром Ярославом Леськівим написано код Telegram-бота і опубліковано на платформі GitHub, що можна подивитися за посиланням: <https://github.com/yaroslav-leskiv/Telegram-BOT/blob/main/code.yaml>.

Автоматична система складається з таких елементів, як:

- «розумні» пристрої;
- смартреле на мікропроцесорній платі NodeMcu;
- вимірювальні прилади, датчики руху, температури і вологості, газу, диму, освітленості;
- відеоспостережувальна апаратура;
- інтелектуальні 3-полюсні автоматичні вимикачі HOCH ZJSB9-80Z із сервоприводом;
- елементи керування: персонального комп'ютера, пульта керування, сенсорної панелі, смартфона;
- система розширення і зв'язку (роутер);
- виконавчі механізми.

Розглянемо роботу й особливості розробленої автоматичної системи. Ця система може виконувати одночасно декілька взаємопов'язаних технологічних процесів. Але є один недолік – постійно повинен бути інтернет або Wi-Fi, навіть може бути два і більше каналів, оскільки система розроблена так, що смартпристрої підключаються до власного сервера смартсистеми через ту мережу, в якій є найбільший сигнал.

Освітлення на виробництві відіграє велику роль, оскільки гарантує безпечні умови праці, сприяє підвищенню результатів професійної діяльності,

робочої здатності, зберігає здоров'я людей. На освітлення витрачається багато електроенергії. Щодо підвищення енергоефективності, то цього можна досягти за рахунок заміни ламп розжарення напівпровідниковими або енергозберігальними лампами. А от питання неефективного використання електроенергії вирішити набагато важче, але розроблена автоматична система, яка реалізує інформаційну систему керування, з цим легко справляється, оскільки керування освітленням упорядковується згідно зі сценаріями та автоматизацією, тобто розробленим графіком, увімкнення і вимкнення виконуються за таймером, а також може керуватись за допомогою різних датчиків. Керування освітленням приміщень, територій, сходових частин за умови, що лампи розжарення замінені на напівпровідникові лампи, за рахунок використання розробленої системи можна знизити витрату електроенергії приблизно в 30–50 разів, а то й більше. Смартвимикачі та смартпатрони можуть використовуватися не тільки в складі автоматичної системи, а й автономно.

Для обігріву приміщення (а всім відомо, що це найбільш витратний технологічний процес) можна використовувати інфрачервоні плівкові нагрівачі, теплу

підлогу та інші електронагрівні пристрої, керування яких здійснюється за рахунок датчика температури, що дозволяє підтримувати мікрокліматичні параметри із заданою точністю. Якщо використати кондиціонер, то можна контролювати як нагрівання повітря приміщення, так і охолодження. Керування роботою опалювальних пристроїв можна відрегулювати згідно з графіком, тобто за відсутності обслуговувального персоналу в приміщенні переводити опалювальну систему на мінімальний рівень потужності. Налаштовування проводиться згідно з режимом роботи через платформу додатків eWeLink і Home Assistant (Рис. 1), через Telegram-бота (Рис. 2). На такому рівні керування можна зекономити електроенергію у 2–3 рази.

Вентиляційною системою можна керувати як за допомогою датчиків температури і вологості, так і за часом.

Роботою електродвигунів керують розумні 3-полюсні автоматичні вимикачі HOCH ZJSB9-80Z, якими можна управляти віддалено (через Wi-Fi мережу) або прописувати їм заданий сценарій. Як і звичайні автоматичні вимикачі, вони захищені від перевантажень, перенапруг і від струмів короткого замикання.



Рис. 1. Вибір режиму роботи під час застосування системи Home Assistant

Основна ланка автоматичної системи – система сигналізації, яка контролює всіх користувачів.

За виробничими процесами стежить камера спостереження, яка може знімати безперервно або вмикатись лише за заданою подією (залежно від налаштування).

Використовуючи спеціальні датчики, можна контролювати прорив труб водопостачання і своєчасно вимикати крани подачі води у водопровід, реагувати на появу диму або газу в приміщеннях та виконувати певні дії, як-от увімкнення системи гасіння,

ввімкнення вентиляції, відчинення вікон, перекриття газового крана та відправлення віддалено повідомлення про тривогу, тобто віддалене сповіщення на смартфон або інший пристрій.

До цієї автоматичної системи можна підключати й інші засоби, які можуть керуватися як за датчиками, так і за таймером (відповідно до розробленого графіка).

За процесами можна спостерігати та керувати ними через комп'ютер чи планшет (рис. 3) або смартфон (рис. 2) у режимі реального часу, використовуючи



Рис. 2. Керування електричними пристроями через Telegram-бот

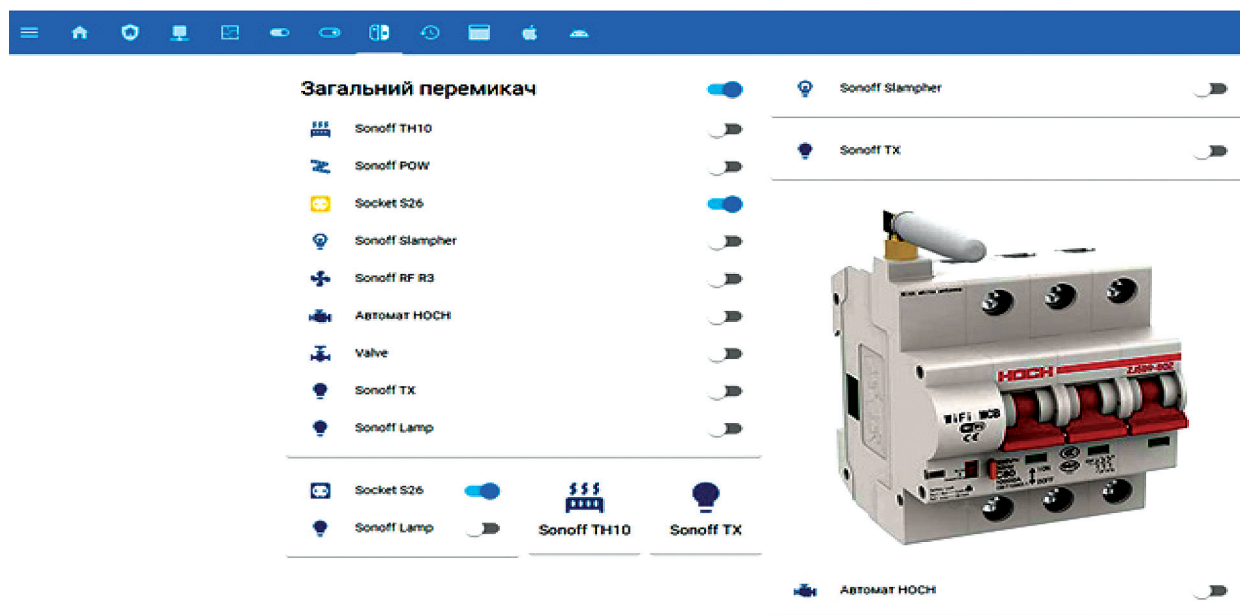
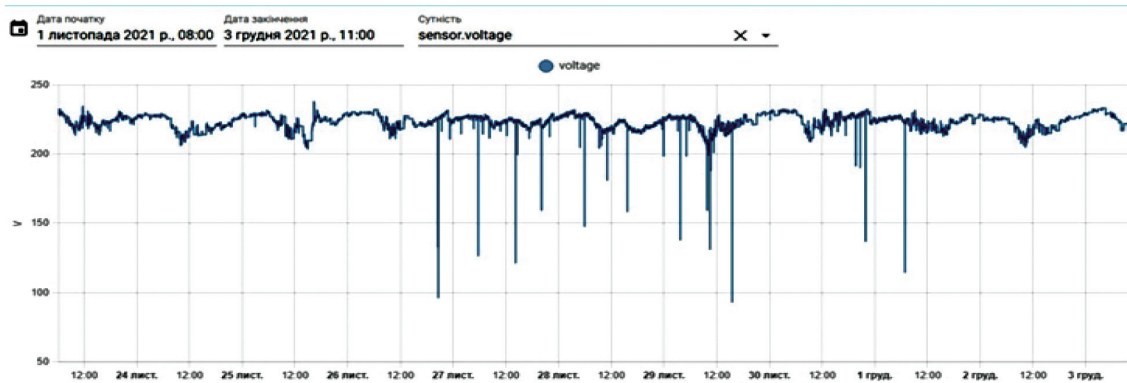
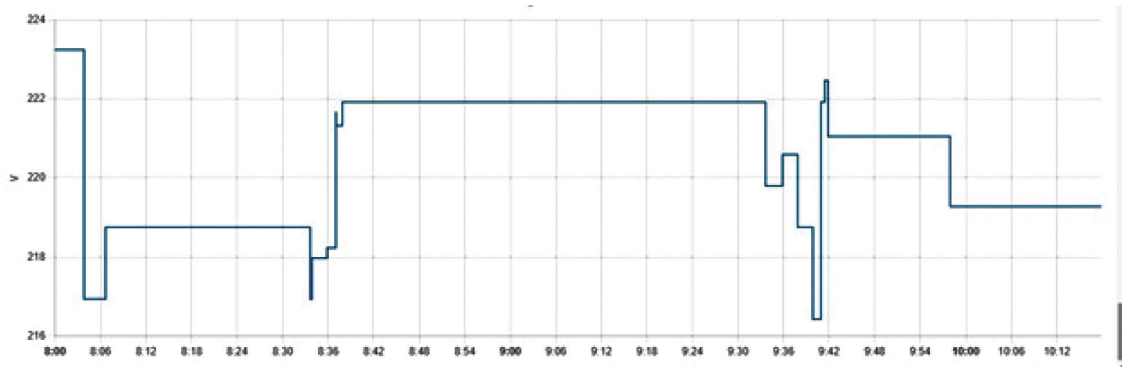


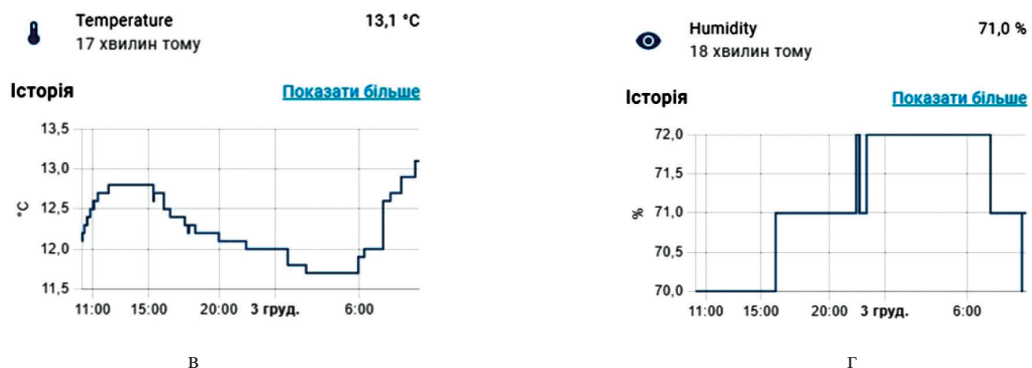
Рис. 3. Панель керування. Керування електричними пристроями



а



б



в

г

Рис. 4. Історія показників

а) показники вхідної напруги на період із 1 листопада до 3 грудня; б) історія показника напруги за декілька годин; в) історія температури приміщення; г) історія вологості приміщення.

Інтернет або локальну мережу, а також усі дії виконувати вручну. Одним із найголовніших ресурсів автоматичної системи є інформація. За рахунок програми можна виводити на екран усі показники, які вимірюються (Рис. 2).

Налаштування розробленої та виготовленої автоматичної системи піддається значним змінам, які зумовлені новими потребами та вимогами раціонального використання енергоресурсів. Крім того, ця система є основним засобом створення платформи для надання більш якісних

послуг і забезпечення ефективного управління технологічними процесами [6].

ОБГОВОРЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Розроблена і виготовлена система є однією з пріоритетних, який полягає в тому, що система вмє розпізнавати конкретні запрограмовані та надзвичайні ситуації, які відбуваються під час технологічних процесів та реагувати на них відповідно до розробленої програми, тобто відстежувати режими роботи (Рис. 4), задавати параметри та керувати процесами відповідно до зовнішніх і внутрішніх умов.

Передбачена система безпеки. Під час виявлення ненормального режиму роботи за кожною із зазначеної тривожної функції надсилається повідомлення в мобільний додаток, відправляється лист на E-mail, файл із записом на FTP-сервер.

Щоб проаналізувати алгоритм того чи іншого технологічного процесу, можна переглянути історію роботи кожного пристрою за будь-який період часу (рис. 4).

Ця система наділена широким спектром функціонування, можна задавати велику кількість сценаріїв для кожного пристрою окремо і взаємопов'язаної їх роботи залежно від потреб господарства. Під час роботи системи можна змінювати параметри показників та сценарії виконання процесу, призупиняти роботу будь-якого технологічного процесу. Це приводить до того, що автоматична система дуже чітко

реагує на зміну будь-якого показника і більш оперативно вносить зміни в стратегію керування, урахувавши внутрішні і зовнішні збурювальні дії, та з мінімальною точністю керує всіма інженерними системами виробництва, що приводить до зменшення витрат електроенергії та економії коштів.

ВИСНОВКИ

Розроблена та виготовлена автоматична інформаційна система дає можливість зменшити витрату електроенергії виробничих приміщень у системі освітлення (понад 50%), у системі керування мікрокліматом (30%) та підвищити ефективність енергоспоживання. А також ця система, на відміну від виготовлених спеціалізованими компаніями, по-перше, значно дешевша, по-друге, може виконувати набагато більше функцій, по-третє, можна розширювати її можливості.

REFERENCES

- [1] Natsionalna enerhetychna kompaniya "Ukrenerho". Analiz zakonodavstva providnykh zarubizhnykh krain ta Ukrainy shchodo efektyvnoho vykorystannia enerhetychnykh resursiv [Analysis of the legislation of leading foreign countries and Ukraine on the efficient use of energy resources] / [Elektronnij resurs] / Retrieved from: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/01/1.-Efektyvne-vykorystannya-energoresursiv.pdf> (accessed 22 October 2021).
- [2] Bobrovnikova, K., Yu, Tovstukha, E.V. (2020). Metody zabezpechennia enerhoefektyvnosti ta enerhozberezhennia v systemi rozumnoho budynku [Methods for energy efficiency and energy saving in the Smart Home System]. *Computer Systems and Information Technologies*, no. 1, pp. 53–58.
- [3] Gula, I.V., Horiaschenko, K.L., Mishan, V.V., Kuhar, D.V. (2016). Zastosuvannia tekhnolohii mimo dlia keruvannia prystroiamy rozumnoho domu [Usage of mimo technology for management of smart home devices]. *Bulletin of Khmelnytsky National University*, no. 3 (237), pp. 87–91.
- [4] Atoyan, A.S., Golubev, L.P. (2015). Doslidzhennia vrazlyvosti avtomatyzovanykh system "rozumnyi budynok" [Research vulnerability of automated systems "Smart HOME"]. *Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design*, no. 3 (86), pp. 57–60.
- [5] Osipova, A.O., Kharlamenko, V.Y. (2017). Enerhoefektyvna avtomatyzatsiia bahatokvartyrnykh budynkiv na osnovi tekhnolohii IoT [Energy-efficient automation of multi-apartment buildings based on IoT technology]. *Mining Bulletin*, vol. 102, pp. 154–158.
- [6] Pin, A.M. (2018). Kontsepsiia rozumnoho mista v konteksti rozvytku innovatsiinoho upravlinnia [Smart City concept within the context of the development of innovation management]. *Socio-economic problems of the modern period of Ukraine*, vol. 4, no. 132, pp. 114–118.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Національна енергетична компанія «Укренерго». Аналіз законодавства провідних зарубіжних країн та України щодо ефективного використання енергетичних ресурсів. URL: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/01/1.-Efektyvne-vykorystannya-energoresursiv.pdf>. (дата звернення 22.10.2021).
- [2] Бобровнікова К.Ю., Товстуха Е.В. Методи забезпечення енергоефективності та енергозбереження в системі розумного будинку. *Комп'ютерні системи та інформаційні технології*. 2020. № 1. С. 53–58.
- [3] Гула І.В., Горященко К.Л., Мішан В.В., Кухар Д.В. Застосування технології мімо для керування пристроями розумного дому. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2016. № 3 (237). С. 87–91.
- [4] Атоян А.С., Голубев Л.П. Дослідження вразливостей автоматизованих систем «розумний будинок». *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. 2015. № 3 (86). С. 57–60.
- [5] Осіпова А.О., Харламенко В.Ю. Енергоефективна автоматизація багатоквартирних будинків на основі технології ІоТ. *Гірничий вісник*. 2017. Вип. 102. С. 154–158.
- [6] Пін А.М. Концепція розумного міста в контексті розвитку інноваційного управління. *Соціально-економічні проблеми сучасного періоду України*. 2018. Вип. 4 (132). С. 114–118.