

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

**СУЧАСНІ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ  
ТА ІНФОРМАЦІЙНІ  
СИСТЕМИ**

Монографія

Рекомендовано вченою радою Київського національного  
університету технологій та дизайну

Київ  
2021

УДК 621.3(06)+004(06)

П16

*Рецензенти:*

*І. В. Суровцев* – д-р техн. наук, проф., завідувач відділу Міжнародного науково-навчального центру інформаційних технологій та систем НАН України та МОН України;

*В. І. Мілих* – д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри електричних машин, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»;

*К. Л. Шевченко* – д-р техн. наук, проф., професор кафедри кафедра автоматизації експериментальних досліджень Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» дійсний член Академії метрології України.

Рекомендовано вченою радою Київського національного  
університету технологій та дизайну  
(протокол № 10 від 26 травня 2021 р.)

П16 Сучасні електромеханічні та інформаційні системи: моногр. / за заг. ред. І. В. Панасюка. Київ : КНУТД, 2021. 216 с.

ISBN 978-617-7506-88-0

У монографії розглядаються питання створення нових та вдосконалення існуючих електромеханічних та інформаційних систем або їх компонентів на базі оригінальних досліджень.

Монографія буде корисна для викладачів, студентів і аспірантів, науковців і виробничників, які працюють в галузі створення електромеханічних та інформаційно-комп'ютерних систем різного призначення, які займаються розробкою сучасних технологій і обладнання для різних галузей діяльності суспільства.

**УДК 621.3(06)+004(06)**

ISBN 978-617-7506-88-0

© І. В. Панасюк та ін., 2021  
© Київський національний  
університет технологій  
та дизайну, 2021



## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b>	6
<b>ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ</b>	
<b>Стаценко Д.В., Злотенко Б.М., Кулік Т.І., Латко М.В.</b> Дослідження комп'ютерної системи для дистанційного керування кроковим двигуном у системах «розумний дім».....	9
<b>Лецишин М.М., Стаценко Д.В., Злотенко Б.М.</b> Вимірвальна система тиску для тильної поверхні стопи.....	15
<b>Друховець М.В., Пономарь О.А., Демішонкова С.А.</b> Функціональна схема автоматизації управління обладнанням за концепцією «розумний будинок».....	19
<b>Lysenko V. V., Dmytryuk S. V.</b> The choice of optimal solution for the microcontroller selection to create an autonomous machine control system.....	25
<b>Лісовець С.М.</b> Використання додаткових бібліотек в середовищі програмування CODESYS 2.3 з метою розширення функціональних можливостей програмованих контролерів .....	31
<b>Білоус А.Р., Смолянінов В.Г.</b> Керування лінійним електромагнітним кроковим пристроєм.....	35
<b>Мелконова І.В., Романченко Ю.А.</b> Аналіз стану та перспективи впровадження SMART GRID в енергетиці України .....	39
<b>Астістова Т.І., Тюпа О.В.</b> Сучасне об'єктно-орієнтоване програмування в задачах моделювання текстури тканини.....	44
<b>Ядрова Д.А., Панасюк І.В.</b> Вплив дистанційного навчання на емоційний та психічний стан учнів і студентів .....	50
<b>Панасюк О.І., Плєскач В.Л.</b> Особливості побудови медичної інформаційної системи для поліклініки ...	61
<b>Потєхін М.В., Захарова М.В., Люта М.В.</b> Особливості стеганографічного захисту інформаційної безпеки .....	90
<b>Харенко О.О., Одокієнко С.М., Люта М.В.</b> Дослідження поняття веб-технологій і ролі front-end розробки в формуванні сучасного веб-простору .....	95
<b>Поліщук Д.В., Захарова М.В., Люта М.В.</b> Модель оцінки ризиків інформаційної системи .....	102
<b>Дмитренко К.О., Одокієнко С.М., Люта М.В.</b> Технологія розробки чат-боту .....	107
<b>Липова О.М., Люта М.В.</b> Особливості розробки інтерфейсу веб-додатків .....	112

## ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ СИСТЕМИ

<i>Марченко Р. М., Ishchu<sup>2</sup> V., Циганенко<sup>1</sup> І.А., Шавьолкін О.О.</i> Корекція графіку навантаження локального об'єкту з гібридною фотоелектричною системою за використанням даних прогнозу.....	119
<i>Тимошенко А.В., Злотенко Б.М.</i> Дослідження удосконалень електроприводів насосних установок з метою енергозбереження .....	129
<i>Підгайний М.О., Пісоцький А.В., Становський Є.Ю., Шведчикова І.О.</i> Використання відкритих веб-ресурсів для прогнозування генерації фотоелектричних модулів .....	135
<i>Остренко Д.О., Колларов О.Ю.,</i> Фотоелектрична станція двнз «Донецького національно технічного університету» .....	142
<i>Демішонков Я.В., Максимкін О.Є., Бурмістенков О.П.</i> Безпошукові та пошукові системи адаптивного керування електроприводу .....	151
<i>Луцко Б.О., Стаценко В.В.</i> Огляд конструкцій турбощіток сучасних побутових пилососів .....	160
<i>Шевченко Є.В., Біла Т.Я.</i> Синтез гідравлічної схеми агрегату побутового холодильника-кондиціонера .....	166
<i>Рубчак І.О., Романюк О.О.</i> Аналіз вимог до енергетичної ефективності будівель в Україні та інших країнах .....	172
<i>Кравченко М.О., Музииченко Д.А., Кулік Т.І., Стаценко Д.В.</i> Електронний твердомір для неруйнівного контролю характеристик деталей .....	181
<i>Розульчик О.С., Осипенко В.В.</i> Сучасні вентильні елекродвигуни та їх застосування .....	189
<i>Трихлеб А.С., Шинкаренко В.В., Павленко В.М.</i> Мікропроцесорна система управління вентильним двигуном з підвищеною живучістю .....	196
<i>Кулеш Я.М., Панасюк І.В.</i> Аналіз методів та устаткування для сепарації сипких матеріалів .....	204

## ВСТУП

Перший електродвигун був винайдений в 1822 році Майклом Фарадеєм. Через десять років був винайдений перший електричний генератор, знову ж Майклом Фарадеєм. Дослідження та експерименти Фарадея в галузі електрики є основою більшості сучасних електромеханічних принципів. Сьогодні електромеханічні процеси в основному використовуються енергетиками. Усі генератори на основі палива перетворюють механічний рух в електричну енергію. Деякі відновлювані джерела енергії, такі як вітер і гідроелектростанція, живляться від механічних систем, які також перетворюють рух в електрику. За останні тридцять років 20-го століття обладнання, електромеханічні пристрої, поступово замінюються або поєднуються з більш надійними мікроконтролерами, що містять в кінцевому підсумку кілька мільйонів транзисторів, і програму для виконання того ж завдання за допомогою логіки. Ці більш надійні мікроконтролери замінили більшість електромеханічних пристроїв. Електронні схеми без рухомих частин будуть продовжувати правильно працювати майже нескінченно довго і зараз використовуються в більшості простих систем керування зворотним зв'язком. Схеми без рухомих частин з'являються у великій кількості предметів від світлофора до пральних машин. Таким чином електромеханіка та електромеханічні системи поступово поєднуються з комп'ютерними технологіями та більш широко з інформаційними системами.

Інформаційні системи складаються з п'яти компонентів: апаратне забезпечення, програмне забезпечення, дані, люди та процес. Апаратне забезпечення це основа інформаційної системи та по суті, це використанням комп'ютерних технологій для виконання деяких або всіх запланованих завдань. Основними компонентами комп'ютерних

інформаційних систем є: апаратне забезпечення , програмне забезпечення, бази даних, мережі, процедури.

Розвиток електромеханічних систем йде шляхом все більш тісної інтеграції з комп'ютерними та інформаційними технологіями. Технічні пристрої, які використовують симбіоз електромеханічних та інформаційних систем використовуються практично у всіх галузях діяльності людства від військової, космічної техніки до медичної і побутової.

Вагомий внесок у розвиток електромеханічних та інформаційних систем для галузей легкої, хімічної промисловості, енергетики, транспорту зробили кілька поколінь викладачів і співробітників кафедр Інституту інженерії та інформаційних технологій Київського національного університету технологій і дизайну. Основний зміст монографії склав доробок науковців, аспірантів та студентів Інституту інженерії та інформаційних технологій.

У монографії розглядаються питання створення нових та вдосконалення існуючих електромеханічних та інформаційних систем або їх компонентів на базі оригінальних досліджень.

Монографія буде корисна для викладачів, студентів і аспірантів, науковців і виробників, які працюють в галузі створення електромеханічних та інформаційно-комп'ютерних систем різного призначення, які займаються розробкою сучасних технологій і обладнання для різних галузей діяльності суспільства.

*проф. Панасюк І. В.*

## *ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ*



## ДОСЛІДЖЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ КРОКОВИМ ДВИГУНОМ У СИСТЕМАХ «РОЗУМНИЙ ДІМ»

*Стаценко Д.В.* – к.т.н., [statsenko.dv@knutd.com.ua](mailto:statsenko.dv@knutd.com.ua)

*Злотенко Б.М.* – д.т.н., професор, [zlotenco@ukr.net](mailto:zlotenco@ukr.net)

*Кулік Т.І.* – д.т.н., доцент, [t-81@ukr.net](mailto:t-81@ukr.net)

*Латко М.В.* - гр. БКІ-18, бакалавр, [max.efremov.2018@gmail.com](mailto:max.efremov.2018@gmail.com)

*Київський національний університет технологій та дизайну*

*В статті проведено дослідження комп'ютерної системи для дистанційного керування кроковим двигуном, яка може бути використана у електронному замку систем «Розумний дім». Схематично показана конструкція та принцип її роботи. Представлено принцип дії програми керування комп'ютерною системою завантаженої у мікроконтролер. Моделювання роботи наведеної системи проведено у САПР Proteus. Отримані результати дозволяють зробити висновок, що представлена комп'ютерна система підвищує безпеку та знижують енергоспоживання систем «Розумний дім».*

*The article examines a computer system for remote control of a stepper motor, which can be used in the electronic lock of "Smart Home" systems. The design and principle of its operation is shown schematically. The principle of the computer system control program operation loaded into the microcontroller is presented. Simulation of the presented system was performed in CAD Proteus. The results allow us to conclude that the presented computer system increases the security and reduces the energy consumption of "Smart Home" systems.*

**Вступ.** Розвиток цифрової електроніки призвів до появи та вдосконалення систем «Розумний дім». Ці системи стають все більш поширеними у побуті та забезпечують безпеку, ресурсозбереження та комфорт всіх мешканців. Системи «Розумний дім» поєднують всі комп'ютерні електроні та електромеханічні домашні пристрої, які виконують дії і вирішують визначені повсякденні завдання. Такі пристрої можуть бути поєднані комп'ютерною мережею, що дозволяє керувати ними за допомогою комп'ютерних систем, наприклад ПК, мобільні пристрої, тощо. Можливості сучасних систем «Розумний дім» поєднують багато функцій, керування освітленням, температурою, вологістю в приміщенні, слідкувати за відкриттям вікон, дверей та іншими подіями[1,2].

Однією з важливих функцій є забезпечення безпеки приміщення за допомогою комп'ютерних систем керування замками [3]. Загалом у системах «Розумний дім» використовуються електронні замки, в яких секретна частини – це електронний пристрій, а спосіб замикання – електромеханічний.

Перевагою електронних замків полягає в тому, що їх монтаж є прихованим. В таких замках, щілина – не використовується, встановлення замку можливе в будь-якому місці по периметру дверного полотна. Це призводить до ускладнення визначення місцезнаходження електронного замку, для його механічного пошкодження.

**Постановка проблеми.** Мета роботи полягає у дослідженні комп'ютерної системи «Розумного дому», для дистанційного керування кроковим двигуном, який використовується для роботи електронних замків.

**Результати досліджень.** В роботі розглянута модель комп'ютерної системи, що дозволяє керувати електронним замком, який використовується у «Розумному домі». На рис. 1 показана електрична схема такої системи.

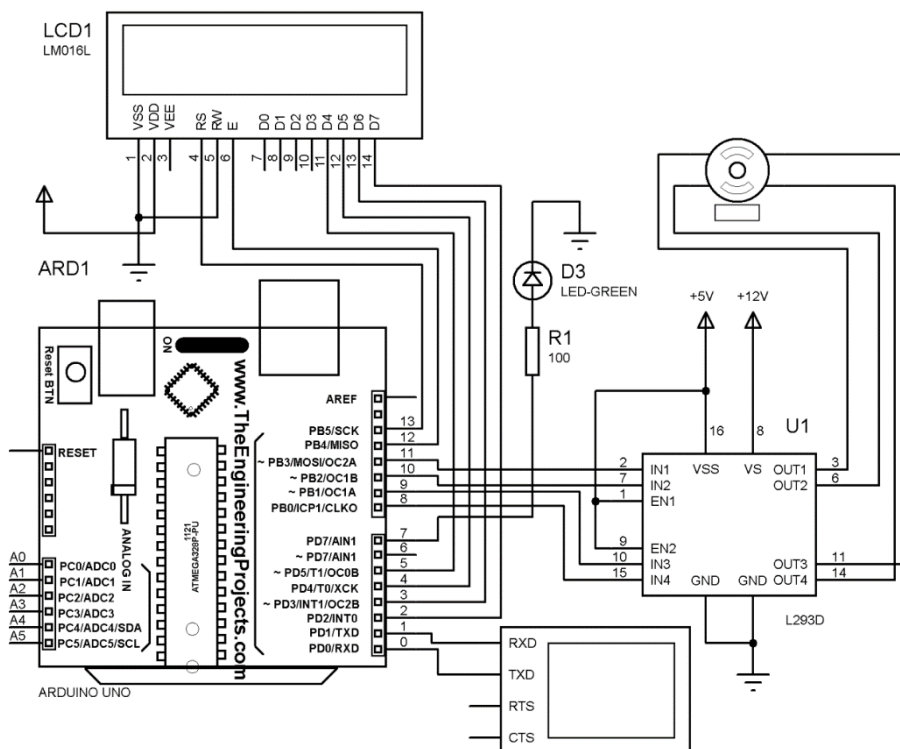


Рисунок 1 – електрична схема комп'ютерної системи для дистанційного керування кроковим двигуном

Представлена комп'ютерна система виконана у програмі автоматизованого проектування електронних схем Proteus Design Suite[4]. Дана програма дозволяє моделювати роботу програмованих пристроїв і пов'язаних з ними моделями електричних та електромеханічних пристроїв.

Представлена електрична схема складається з наступних головних частин:

1. Мікроконтролер Arduino Uno – цей пристрій характеризується наявністю попередньо вбудованого у нього завантажувача, з його допомогою користувач може завантажити власну програму у мікроконтролер без використання окремих апаратних програматорів.
2. Біполярний кроковий двигун – використовується у електромеханічній частині електронного замку.
3. Драйвер L293D – для керування кроковим двигуном, перетворює керуючі сигнали малої потужності у струм, необхідний для керування. Дана мікросхема забезпечує розділене електроживлення для мікроконтролера та електродвигуна [5].
4. LCD-дисплей – відображає інформацію про стан електронного замку (відчинено/зачинено).
5. Virtual terminal – у даному дослідженні, слугує в якості моделювання роботи Bluetooth модуля та мобільного пристрою, наприклад смартфон або планшет, з якого користувач відправляє сигнал для керування електронним замком.

В роботі, за допомогою програми Proteus ISIS, досліджена робота моделі комп'ютерної системи для дистанційного керування кроковим двигуном. Дана комп'ютерна система має два основних режимів роботи, відповідно до написаної та завантаженої у мікроконтролер програми [6]. Перший – відчиняє електронний замок, другий – зачиняє. Розглянемо роботу системи більш детально.

На рис. 2 показано стан комп'ютерної системи «за замовченням», при цьому електронний замок відповідає стану – зачинено (Locked). В такому стані система знаходиться більшу частину часу роботи, але її електроспоживання низьке.

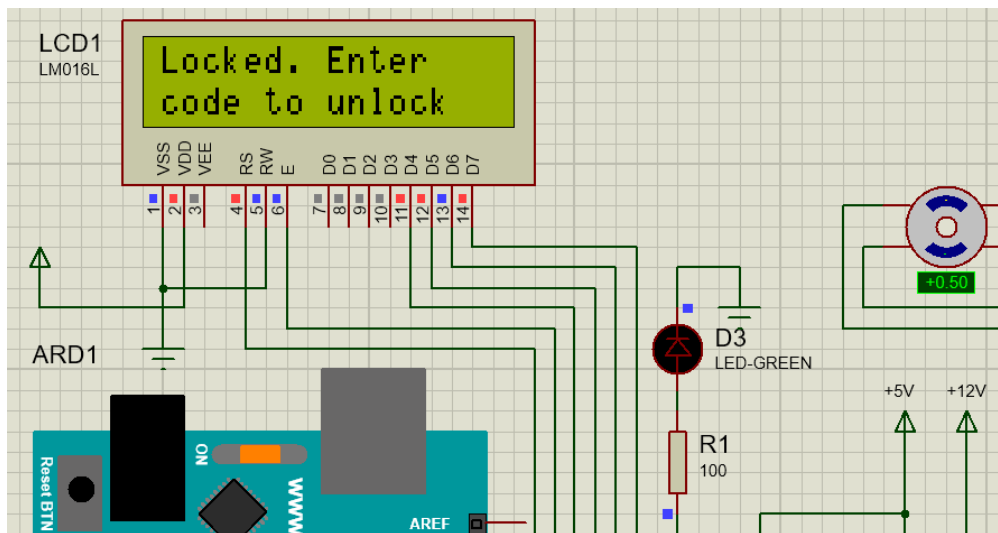


Рисунок 2 – стан комп'ютерної системи, коли замок – зачинено

Система знаходиться в стані очікування від користувача, відповідного, сигналу, в даному випадку – коду, який складається з п'яти цифр. Мікроконтролер відправляє на LCD-дисплей повідомлення, що електронний замок зачинено і користувач повинен ввести код, щоб відкрити його.

Користувач під'єднується до Bluetooth модуля комп'ютерної системи за допомогою свого мобільного пристрою. В даному випадку можливе використання модуля HC-06, який працює у пасивному режимі, що дозволяє користувачу під'єднуватися лише в окремі моменти часу.

Також, у модулі даного типу, існує можливість змінити заводський PIN-код, що підвищує безпеку всієї системи. Додаткові переваги використання технологій Bluetooth полягають у тому, що вони витрачають невелику кількість заряду акумулятору, в порівнянні з іншими технологіями дистанційного зв'язку, наприклад Wi-Fi. Процес інтегрування з мобільним пристроєм не потребує додаткових елементів чи працюючих додаткових пристроїв.

Після того, як користувач ввів відповідний код у мобільний пристрій та відправив його, за допомогою Bluetooth, на мікроконтролер Arduino Uno, комп'ютерна система переходить у наступний режим роботи рис. 3.

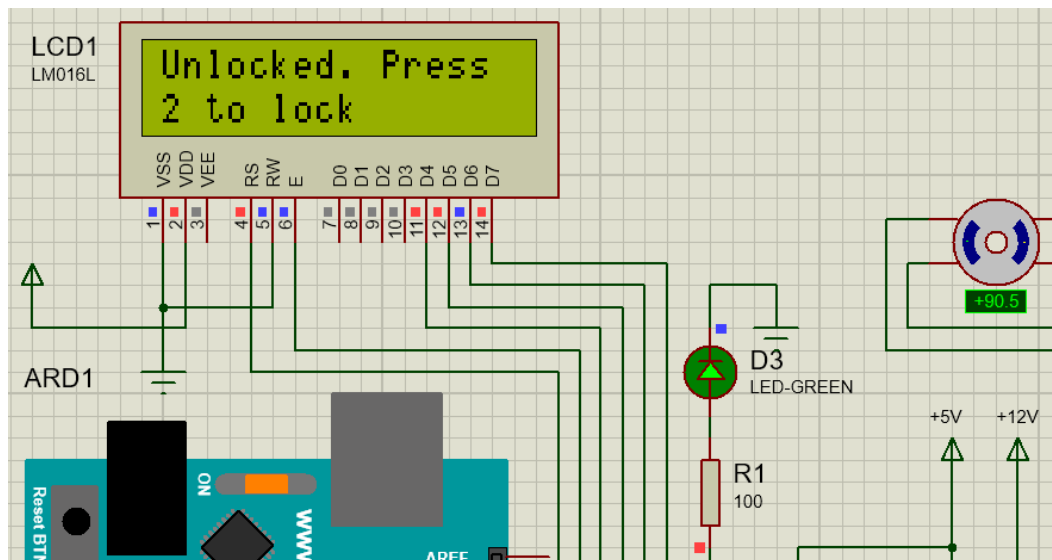


Рисунок 3 – стан комп'ютерної системи, коли замок - відчинено

Як вже наголошували, в роботі представленої програми, для подачі сигналів на кроковий двигун, необхідно ввести п'яти значний код, який складається з цифр. В залежності від складності програми, код відмикання, можна ускладнити, додавши букви латинської абетки, спеціальні символи та інші елементи, які користувач може записати використовуючи клавіатуру свого мобільного пристрою.

Мікроконтролер відправляє керуючі сигнали на кроковий двигун. В розглянутій моделі, біполярний кроковий двигун працює у повнокроковому режимі, в якому ротор повертається на 90 градусів, як показано на рис. 3. Відповідно, електромеханічна частина виконуючого механізму відкриває механічний засув.

Одночасно з цим, мікроконтролер відправляє сигнал на світлодіод D3, який слугує додатковим індикатором того, що електронний замок знаходиться у відчиненому стані. Коли замок – зачинено сигнал на світлодіод не подається рис. 2.

Повідомлення на LCD-дисплеї змінюється та повідомляє користувача, що система відповідає стану, коли електронний замок – відчинено. Також, повідомлення вказує на те, що, для зачинення замку необхідно натиснути кнопку «2» на мобільному пристрої. Після того, як користувач, натискає відповідну кнопку, для замикання, мікроконтролер відправляє сигнал на кроковий двигун, після чого ротор повертається на - 90° і механічний засув повертається у стан, що відповідає зачиненому замку.

**Висновки.** В результаті проведеного дослідження комп'ютерної системи для дистанційного керування кроковим двигуном представлена її модель. Проведено моделювання роботи електронного замку «Розумного дому», який працює відповідно до написаної та завантаженої у мікроконтролер програми. Визначено, що розглянута комп'ютерна система дозволяє забезпечити підвищення безпеки та енергозбереження систем «Розумний дім».

#### Список використаних джерел

1. Грінгард С. Інтернет речей / пер. з англ. О. А. Герасимчук. К. : Книжковий Клуб "Клуб Сімейного Дозвілля", 2018. - 176 с. - ISBN 978-617-12-4657-7
2. Злотенко Б. М. Комп'ютерна енергоефективна система керування опаленням та гарячим водопостачанням будівель / Б.М. Злотенко, Д.В. Стаценко - Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2019. – № 4. – С. 34-41.
3. Рибак Л.Я. Інтелектуальна інформаційна система “розумний замок” для захисту приміщень / Л. Я. Рибак, П. О. Кравець - Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Серія : Інформаційні системи та мережі. – 2019. – № 6. – С. 41-51.
4. The Proteus Design Suite. Електронний ресурс: <https://www.labcenter.com/>
5. Texas Instruments, L293х datasheet. Електронний ресурс: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/l293.pdf>
6. Страуструп Б. Программирование. Принципы и практика с использованием С++ / Б. Страуструп. – М: Вильямс, 2016. – 1328 с.

## ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ТИСКУ ДЛЯ ТИЛЬНОЇ ПОВЕРХНІ СТОПИ

*Лецишин М.М.*, аспірант, *marfiichuk@gmail.com*

*Стаценко Д.В.*, к.т.н., *statsd@ukr.net*

*Злотенко Б.М.*, д.т.н., професор, *zlotenco@ukr.net*

*Київський національний університет технологій та дизайну*

*В роботі представлено дослідний зразок комп'ютерної системи для визначення комфортних параметрів на основі індивідуальних відчуттів тиску на стопу замовника.*

*Необхідність носіння комфортного взуття завжди було актуальним питанням для споживача, проте в умовах масового фабричного виробництва не завжди вдається задовольнити критерії комфорту взуття для кожного користувача у зв'язку з індивідуальними особливостями будови та біомеханічних характеристик його стопи.*

*Метою роботи є калібрування резистивного датчика сили та вимірювання тиску внутрішньої поверхні взуття на стопу з урахуванням її основних анатомічних параметрів.*

*The paper presents a prototype of a computer system for determining comfortable parameters based on individual sensations of pressure on the customer's foot.*

*The need to wear comfortable shoes has always been a topical issue for the consumer, but in mass factory production it is not always possible to meet the criteria of shoe comfort for each user due to the individual structure and biomechanical characteristics of his foot.*

*The aim of the work is to calibrate the resistive force sensor and measure the pressure of the inner surface of the shoe on the foot, taking into account its basic anatomical parameters.*

Наукова школа проектування внутрішньої форми взуття розпочала свої традиції ще в 19 столітті, а починаючи з середини 20 століття стали використовувати аналітичні методи розрахунку параметрів взуттєвої колодки по вихідній цифровій моделі стопи, використовуючи критерії раціональності внутрішньої форми взуття. Даний напрям розроблено в працях Зибіна Ю.П., Фукіна В.А., Фарнієвої О.В., Либи В.П., Кисельова С.Ю., Коновала В.П., та їх послідовників [1-3].

Основна вимога до взуття полягає в його раціональності, воно повинне бути таким, щоб його основні розміри й внутрішня форма відповідали розмірам і антропометричним особливостям стопи споживача [4].

В роботі представлена комп'ютерна система (рис.1.а), яка складається з наступних елементів: DD1 – мікроконтролер Arduino UNO, R1 – резистор 3.3 кОм, FSR1 – резистивний датчик сили FSR402. Резистивний датчик сили та подільник напруги під'єднані до виводу A0 мікроконтролера Arduino Uno. Напруга живлення складає 5В.

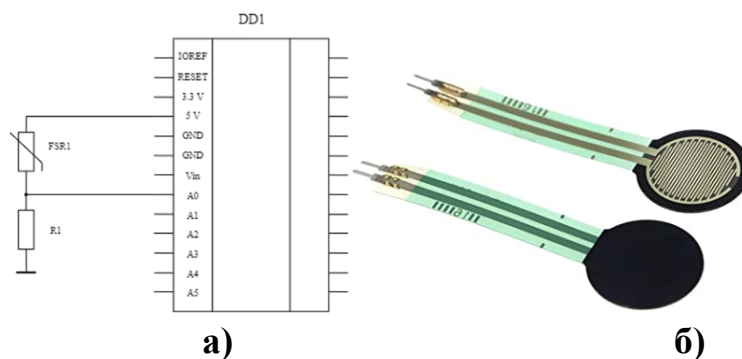


Рисунок 1. а) - Електрична схема дослідного зразка; б) - Резистивний датчик сили FSR402

Резистивні датчики сили FSR402 - це датчики, які дозволяють оцінити рівень тиску, силу натискання і вагу (рис. 1.б).

Резистивні датчики сили по суті є резисторами, які змінюють значення свого опору (в Ом) в залежності від сили натискання на чутливий елемент.

Принцип роботи приладу полягає в наступному. Коли сила, прикладена до датчика, дорівнює нулю, його опір буде майже нескінченний, відповідно сигнал з датчика дорівнює нулю.

Коли на резистивний датчик сили буде прикладене навантаження на виводі A0 з'явиться аналоговий сигнал. АЦП перетворює цей сигнал на цифрове значення сили, прикладеної до датчика та виводить його на дисплей монітора.

Для калібрування приладу використовувались вантажі масою 0,1 кг; 0,2 кг; 0,3 кг; 0,4 кг і 0,5 кг, які встановлювались на датчик тиску через перехідний диск (рис. 2).

Тиск на датчик визначався для кожного вантажу за формулою:

$$P_i = \frac{(m_i+m)g}{S}, \quad (1)$$



де  $P_i$  – тиск  $i$ -го вантажа, Па;  $m_i$  – маса  $i$ -го вантажа, кг;  $m = 0,01$  кг маса перехідного диска;  $g$  – прискорення вільного падіння, кг/м<sup>2</sup>;  $S$  – площа перехідного диска, на яку тисне вантаж, м<sup>2</sup>.

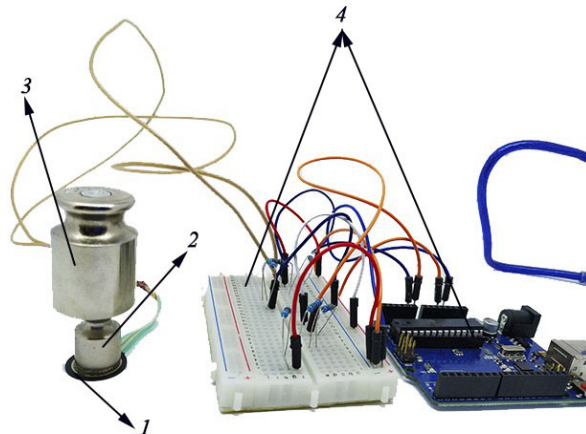


Рисунок 2 - Калібрування приладу: 1 – резистивний датчик сили; 2 – перехідний диск; 3 – вантаж; 4 – комп'ютерна система

Площа, на яку тисне вантаж:

$$S = \pi r^2, \quad (2)$$

де  $r = 0,005$ м – радіус перехідного диска.

Підставляючи (2) в (1), отримаємо:

$$P_i = \frac{(m_i+m)g}{\pi r^2}. \quad (3)$$

За результатами проведених експериментальних досліджень, отримані дані необхідні для калібрування датчика сили в діапазоні ваги 100-500г. Результати даних наведені в табл.1.

Таблиця 1 – Результати калібрування приладу для вимірювання тиску

$m$ , кг	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$P_i$ , Па	13746,5	26243,3	38740,1	51236,9	63733,7
Показання приладу	231	67	736	786	1 054

На рис. 3 наведено результати апроксимації калібрувальної залежності, відповідно до даних табл. 1.

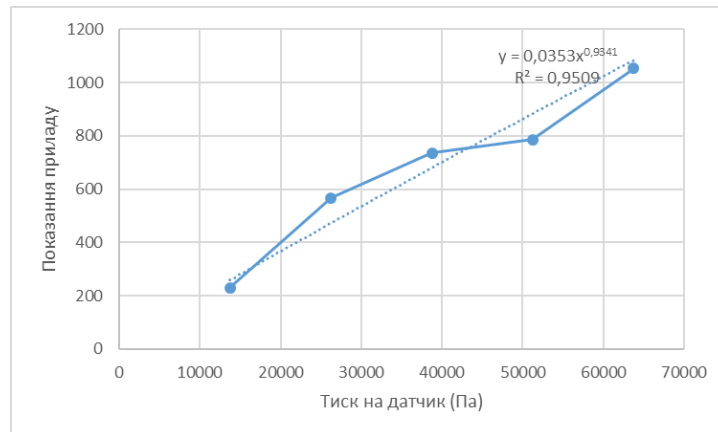
Апроксимуюча функція (рис.3) має вигляд:

$$Y = 0,0353 \cdot P^{0,9341}, \quad (4)$$

де  $Y$  – показник приладу;  $P$  – тиск на датчик, Па.

З виразу (4) отримаємо формулу для визначення тиску на датчик в залежності від показання приладу:

$$P = \left(\frac{Y}{0,0353}\right)^{\left(\frac{1}{0,9341}\right)} \text{ (Па)}. \quad (5)$$



*Рисунок 3 - Апроксимація калібрувальної залежності показників приладу від тиску на датчик*

Запропонований в роботі спосіб вимірювання тиску внутрішньої поверхні взуття на стопу з урахуванням її основних анатомічних параметрів за допомогою структурної схеми дослідного зразка дозволяє спроектувати та виготовити комфортне індивідуальне взуття для замовника.

**Висновок.** На основі комп'ютерної системи з мікроконтролером Arduino Uno і резистивними датчиками сили FSR402 розроблено прилад для визначення тиску між стопою і внутрішньою поверхнею взуття.

В результаті проведеного калібрування приладу встановлено однозначну залежність між показаннями приладу і величиною вимірюваного тиску, що дозволяє визначити тиск внутрішньої поверхні взуття на стопу як в процесі стояння, так і в процесі ходьби.

#### **Список використаних джерел:**

1. Фукин В.А. Развитие теории и методологии проектирования внутренней формы обуви / Фукин В.А., Буй В.Х. Москва, 2015. – 410 с.
2. Кернеш В.П. Удосконалення гармонійності внутрішньої форми і конструкцій юнацького і дівочого взуття: дис. ... канд. тех. наук, 05.19.06.-К., 2007. - 218с.
3. Чертенко Л.П. Особенности проектирования рациональной формы обувной колодки с применением САПР /Чертенко Л.П., Коновал В.П.// Международный сборник научных трудов «Метрология, стандартизация и сертификация изделий сервиса: теория и практика»: Шахты – 2007, с. 97-107.
4. Бегняк В. І. Основи конструювання і проектування виробів із шкіри: Навч. посібник. – Хмельницький, 2002. – 260 с.  
УДК 681.5; 004.934:681.391

## ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ ОБЛАДНАННЯМ ЗА КОНЦЕПЦІЄЮ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК»

*Друховець М. В.* – гр. БЕМ-17, бакалавр, *druhovets@gmail.com*

*Пономарь О.А.* – гр. БКІ-18, бакалавр *gvitchgg@gmail.com*

*Демішонкова С.А.* – к.т.н., доцент *mashuk2007@ukr.net*

*Київський національний університет технологій та дизайну*

*Розроблено автоматизовану систему управління обладнанням та мікрокліматом житлових приміщень за концепцією «розумний будинок», яка буде підтримувати температуру в приміщенні на необхідному рівні комфорту та систему регулювання світла залежно від присутності людини та часу доби.*

*An automated control system for equipment and microclimate of living spaces based on the concept of "smart home" has been developed, which will maintain the temperature in the room at the required level of comfort and light control system depending on the presence of man and time of day.*

**Вступ.** Будь-який будинок - будь-то адміністративне, виробниче або житлове приміщення складається з деякого набору підсистем, що відповідають за виконання певних функцій, які вирішують різні завдання в процесі функціонування цієї будівлі. В міру ускладнення цих підсистем і збільшення кількості, виконуваних ними функцій, управління ними стає все складніше. Також стрімко зростають витрати на утримання обслуговуючого персоналу, ремонт і обслуговування цих підсистем. Вперше ці проблеми постали при експлуатації великих адміністративних і виробничих комплексів.

Сучасна будівля такого типу - це місто в мініатюрі. Фактично в ньому діють всі служби, які були раніше неодмінними атрибутами міського господарства. У таких будівлях зазвичай існує адміністративна служба або адміністратор, які використовують і обслуговують цю систему практично цілодобово. Хоча є чимало засобів автоматики, які самі справляються з покладеними на них завданнями, такими, як опалення, вентиляція, підтримка мікроклімату, освітлення, пожежна сигналізація, контроль входу / виходу і т.д., але управління і обслуговування всіх цих систем вимагає наявності досвідченого персоналу.

Його обов'язком є контроль роботи цих підсистем і вжиття заходів у разі виходу їх з ладу. Але є ситуації, коли навіть дії кваліфікованого персоналу можуть виявитися неефективними.

Традиційні системи забезпечення різних аспектів життєдіяльності в минулому проектувалися як автономні. Такі системи, що створювалися окремо для кожної функції і об'єднані для довільної частини будівлі. У будівлях встановлювалися системи тільки з тими можливостями і з тим ступенем складності, які були необхідні на поточний момент побудови будівлі. Подальше розширення і модернізація даних систем були складними і дорогими завданнями через безліч різних чинників. Вартість експлуатації цих систем висока - в силу їх автономності кожна з них підтримується окремо.

**Постановка проблеми.** Метою даної роботи є розробка автоматизованої системи управління обладнанням та мікрокліматом житлових приміщень за концепцією «розумного будинку», яка буде підтримувати температуру в приміщенні на необхідному рівні комфорту та регулювання світла залежно від присутності людини та часу доби.

**Результати досліджень.** Проектована система автоматизації в нашій роботі буде ґрунтуватися на використанні дротової передачі даних, а саме по шині KNX. Контролер EA-5 Controller буде знаходитися в слабкострумівій шафі. На рисунку 1 наведена функціональна схема автоматизації.

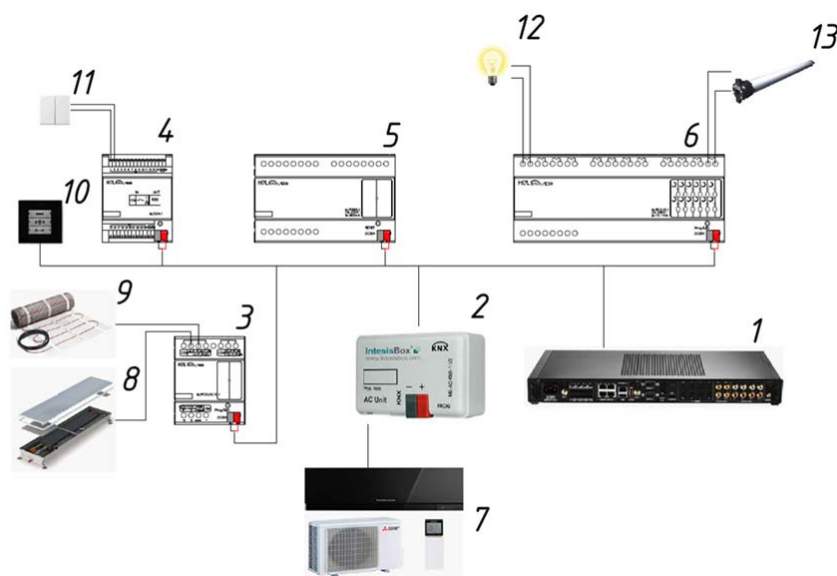


Рисунок 1. – Функціональна схема автоматизації.

- 1 - контролер компанії Control4, EA-5 Controller; 2 – інтерфейс Intesis KNX/EIB ME-AC-KNX-1-V2; 3 – модуль контролю опалення HDL-M / FCU01.10.1; 4 – модуль сухих контактів HDL-M/S24.1; 5 – джерело живлення M/P960.1; 6 – 12-канальне реле HDL-M/R12.10.1; 7 – кондиціонер; 8 – підлоговий конвектор; 9 – нагрівальний мат; 10 – кнопкова панель; 11 – дзвінковий вимикач; 12 – світильник; 13 – привод моторизованої штори.

Контролер систем автоматизації Control4 EA-5 сконструйований для створення найдосконаліших вражень від керування розумним будинком, і оснащений аудіо найвищої якості в серії EA, а також процесорною міццю, достатньою для координації роботи сотень інтелектуальних пристроїв. EA-5 здатний автоматизувати складні домашні театри, формувати сценарії зовнішнього та внутрішнього освітлення, управляти системами безпеки і зв'язку, регулювати клімат в багатьох зонах.

У свою чергу інші модулі автоматизації встановлюються в силовому щиті об'єкту. Технічні характеристики Контролера EA-5 наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Антенна Wi-Fi	2x Зовнішні роз'єми SMA
ZigBee Pro	802.15.4
Антенна ZigBee	Зовнішній роз'єм SMA
Порт USB	1 x USB 2.0, 500 мА
Пульт ІК	8 x 5 В 27 мА
Сенсорна панель	1 x приймач на лицьовій панелі 20-60 кГц
Послідовний вихід	4 (2 об'єднані з ІК виходами 1 і 2; 2 x Порт DB9)
Роздільна здатність	HDMI 1.4, HD 1080p, 50-60 Гц
Світовий потік	AAC, AIFF, ALAC, FLAC, M4A, MP2, MP3, MP4/M4A, Ogg, Vorbis, PCM, WAV, WMA

Інтерфейси Intesis KNX / EIB для кондиціонерів Mitsubishi Electric (серії Domestic, Mr.Slim) використовується для управління кондиціонерами через систему KNX.

Основні параметри:

- Компактні розміри дозволяють встановлювати ME-AC-KNX-1-V2 всередині внутрішнього блоку.
- Завдяки даному інтерфейсу управління є можливість збереження до 5 індивідуальних сценаріїв, в яких будуть задані такі параметри як температура, швидкість повітряного потоку, положення повітряних жалюзі кондиціонера.
- Внутрішній блок може управлятися як за допомогою ME-AC-KNX-1-V2 так і за допомогою інфрачервоного пульта.
- Не потребує використання зовнішнього живлення.
- Даний інтерфейс дає можливість відстежувати діагностичну інформацію про кондиціонер підключеному до системи KNX: годинник напруження, індикація помилок і коди помилок.

- Контроль роботи кондиціонера на основі температури навколишнього середовища, отриманої від датчиків кондиціонера або будь-якого терморегулятора.
- Пряме підключення до шин KNX і EIB.

Модуль входу сигналів датчиків HDL-M / S24.1 підтримує до 24 входів сухих контактів. До цього модулю будуть підключені дзвінкові вимикачі.

Функціонал:

- 24 канала сухих контактів
- Може посилати різні команди через KNX.
- Цілі управління: перемикачі, жалюзі, гнучке управління, сцена, послідовність, процентне управління, граничне управління, рядок (14 байт), положення, дзвінок, лічильник, комбінації.
- Тип сухого контакту може бути встановлений на механічний або електронний перемикач.



Рисунок 2 – Зовнішній вигляд модулю входу HDL-M / S24.1

Блок живлення шини KNX на DIN рейку, 120-250V AC(50/60Hz)



Рисунок 3 – Зовнішній вигляд блоку живлення шини KNX

12-канальне реле HDL-M/R12.10.1 DIN реле, 10A на канал, 250VAC (50 / 60Hz) статистика про час роботи каналу, визначення статусу каналу, установка статусу каналу On / Off після відновлення живлення, функція таймера, контроль сценаріїв, контроль перекидних навантажень, вбудована логіка, управління опаленням. Завдяки цьому реле ми будемо керувати приводами штор, освітленням та реалізовувати запрограмовані сценарії.



Рисунок 4 – Зовнішній вигляд 12-канальне реле HDL-M/R12.10.1

6-кнопочка панель iFlex (металеві клавiші). Кнопочкi панелi пiдключаються напряму до шини KNX, для них не потрібнi додатковi модулi.

Технiчнi характеристики кнопочкoi панелi iFlex наведенi в таблицi 2.

Таблиця 2

Споживання	20mA
Робоча температура	0°C ~ 45°C
Вiдносна вологiсть	20% ~ 90%
Температура зберiгання	-40°C ~ +55°C



Рисунок 5 – Кнопочка панель

Дана система не схожа на iншi. Вона не має головного компонента. Всi функцiї забезпечуються всiєю системою вiдразу. Завдяки контролеру EA5 все керування виводиться в зручний iнтерфейс.



Всі пристрої системи з'єднані шиною, інформація по якій передається тільки в потрібному напрямку. Потоки інформації поширюються в обидва напрямки. Свого часу, кожен пристрій має свою унікальну адресу. Також, вони можуть бути об'єднані в групи для більш зручної і точної передачі. Така система дозволяє швидко передавати дані і не потребуватиме додаткових пристроїв для обробки даних і визначення необхідного напрямку.

Під час установки системи необхідно використовувати програмне забезпечення ETS для програмування KNX. Існування цього забезпечення значно спрощує настройку системи. Під час передачі інформації не обов'язково щоб всі складові частини системи були активні. Будь-який з приладів самостійно може звернутися до передачі даних, а система пріоритетів дозволяє уникнути проблем під час передачі даних. Така модель дозволяє уникнути створення залежності швидкості передачі даних від завантаженості системи.

Будь-яка подія в системі може бути ініціалізовано активністю будь-якого з пристроїв. Наприклад, знаходження когось біля датчика руху може активувати систему кондиціонерів або освітлення.

Існує величезна кількість сценаріїв для протоколу KNX. Будь-який пристрій системи може запустити певний ланцюжок подій. Все це налаштовується під потреби людини і дозволяє виконувати досить складну послідовність дій в слідстві автоматизації KNX.

**Висновки.** В результаті проведеного аналізу досліджень була розроблена функціональна схема автоматизації об'єкту та обладнання на якому ґрунтується система. Було обрано дротовий варіант, який являється в даний час найбільш стабільним та безпечним від проникнення в систему будинку. Також було обране обладнання для керування виконавчими механізмами та місце їх розташування.

#### Список використаних джерел

1. Искусственный интеллект – [Электронный Ресурс] – Режим доступа. – URL: [https://dic.academic.ru/dic.nsf/fin\\_enc/23528](https://dic.academic.ru/dic.nsf/fin_enc/23528)
2. В.Н. Харке Умный дом. Объединение в сеть бытовой техники и систем коммуникаций в жилом помещении / В.Н. Харке. – Москва: Техносфера, 2006. – 288с.
3. Концепция системы «Умный Дом» — [Электронный Ресурс] — Режим доступа. – URL: <http://www.ascentis.ru/smart/smtheory/39-smtheorycon>
4. Gardiner Tom. Automated Benchmarking of Description Logic Reasoners / Gardiner Tom, Ian Horrocks, Dmitry Tsarkov. – Description Logics Workshop 2006. – 8 с.



## THE CHOICE OF OPTIMAL SOLUTION FOR THE MICROCONTROLLER SELECTION TO CREATE AN AUTONOMOUS MACHINE CONTROL SYSTEM

*Lysenko V.V.* – group МгЧКІ-20, master, [lysenko.vv@knutd.edu.ua](mailto:lysenko.vv@knutd.edu.ua)

*Dmytryuk S.V.* – senior instructor, [svitmartal73@gmail.com](mailto:svitmartal73@gmail.com)

*Kyiv National University of Technologies and Design*

*Дана доповідь присвячена пошуку і розгляду готових рішень, аналізу асортименту на ринку мікроконтролерів та оптимального вибору для автономної системи керування верстатом з числовим програмним управлінням.*

*The article deals with the search and consideration of ready-made solutions, the analysis of the range of microcontrollers at the market and the optimal choice for an autonomous machine control system with numerical program control.*

**Introduction.** With the rapid development of technology, small CNC milling machines, laser engravers and inexpensive 3D printers are gaining popularity, they are bought as hobby machines, for children as toys, stimulating children's creativity, or more expensive to create souvenirs and opportunities to start their own business.

Building up the most budget machine with numerical program control I faced the problem of self-sufficiency, because the machine requires a computer with specialized software installed on it, it consumes electricity, takes up space, and must be constantly connected to both the machine and the power supply. Certainly, expensive machines have a system for reading the control program from a memory card while cheap machines have no alternative. Having not found a ready-made budget solution, we will try to offer our own.

**Problem statement.** It is necessary to understand what a microcontroller is, what types of them exist and to find an inexpensive functional microcontroller to build an autonomous system.

The issue of microcontrollers is studied by many scientists, in particular: Korolev N., Malakhov V., Plyasunov A., Yakovlev D., but they studied the microcontrollers themselves, and not autonomous systems for machines. Investigating the topic of autonomous systems for CNC machines, it turned out that there are very expensive ready-made solutions of dozens of thousand hryvnias, there are expensive machines with built-in autonomous

systems, but there are not so many of them. Thus, the topic continues to be relevant today.

The purpose of the article is to study the available microcontrollers and to select the optimal one for building an autonomous control system for a CNC machine.

**Research findings.** In 1967, Texas Instruments released the first integrated circuit calculator, which launched the process of computer miniaturization. With the development of technology, microcontrollers began to develop rapidly in the industry and they became cheaper and more affordable. Nowadays, there are more than a dozen companies producing microcontrollers, such as: Intel, Motorola, Zilog, Altera, Infineon, Texas Instruments, etc. The most common are PIC controllers from Microchip, AVR controllers from Atmel, and the joker in the pack at the market is STM controllers from STMicroelectronics, they are rapidly displacing other manufacturers, producing cheap microcontrollers, with parameters superior to competitors.

Each company produces a variety of microcontrollers of different architectures, so the developer faces a serious problem of choice. I chose the AVR family, it is more common, and has a large number of fairly simple software development environments.

First of all, let's deal with the very concept of "Microcontroller". The microcontroller can be defined as a miniature computer based on a single chip that includes, in addition to the processor, a number of auxiliary elements, such as: random access memory "RAM", programmable read only memory "PROM", timer, etc. The microcontroller is designed to perform any predefined tasks [8].

The easiest way is to compare the Microcontroller with a personal computer, then just a PC. Like a PC, the Microcontroller has a processor, RAM and ROM. However, unlike a personal computer, all of these elements are located on a single chip.

The PC is designed to perform a large general purpose task. For example, you can use a computer to type a text, write programs, store and run video files, surf the Internet, etc. while microcontrollers are designed to perform specific tasks such as switching the air conditioner when the room temperature drops below a certain value, or vice versa rises above.

Atmel AVR Microcontrollers (MCs) are 8-bit microcontrollers designed for embedded applications. Microcontrollers are manufactured on a low-consumption CMOS technology, which in combination with the advanced RISC architecture allows to achieve the best ratio of performance / energy consumption. Due to the fact that most commands are executed in one clock

cycle, the speed of these microcontrollers can reach 1 MIPS (millions of operations per second) per 1 MHz clock speed.

Within the framework of a single basic architecture, AVR MKs have three families:

- Classic - baseline MK;
- Mega -MK for complex applications;
- Tiny - cheap MK in the 8-output case.

Let's consider in more detail the distinctive features of each family.

There are features that are common to all three families:

- the ability to calculate with the speed up to 1 MIPS / MHz;
- the ability to protect against reading and modifying program memory and data (in EEPROM);
- various synchronization methods: built-in PC-generator, external synchronization signal or external resonator (piezoceramic or quartz);
- the availability of several modes of reduced energy consumption;
- the possibility to program directly in the system through the serial SRI-interface.

Distinctive features of MK of the Classic family:

- FLASH programs memory with the capacity of 1 to 8 KB (the number of erase cycles/ writing cycles not less than 1000);
- data memory based on static RAM with the capacity of up to 512 bytes;
- data memory based on EEPROM with the capacity of 64 to 512 bytes (the number of erase cycles/ writing cycles not less than 100000);
- the ability to protect against reading and modifying program memory and data (in EEPROM);
- programming in parallel (using a programmer) modes.

Distinctive features of MK of the Mega family:

- FLASH programs memory with the capacity of 8 to 128 KB (the number of erase cycles / writing cycles not less than 1000);
- data memory based on static RAM with the capacity of 1 ... 4 Kbytes;
- data memory based on EEPROM with the capacity of 512 bytes ... 4 Kbytes (the number of erase cycles/ writing cycles not less than 100000);
- the possibility of self-programming;
- the possibility of internal system debugging according to the IEEE1149.1 standard;

- the availability of a supply voltage reduction detector;
- the possibility of programmed reduction of frequency of the clock generator.

Distinctive features of MK of the Tiny family:

FLASH programs memory with the capacity of 1 to 2 Kbytes (number of erase cycles/ writing cycles not less than 1000);

- data memory based on static RAM with the capacity of 1 ... 2 Kbytes;
- data memory based on EEPROM with a capacity of 64 bytes (the number of erase cycles/ writing cycles not less than 100000);
- some MK models can work when the supply voltage is reduced to 1.8V [6].

First of all, the microcontrollers of this series are high-speed. Many instructions are performed in one cycle by the Microcontroller processor while AVR microcontrollers are about 4 times faster than the PIC. Besides, they consume much less energy and can operate in several energy saving modes.

Many AVR controllers are 8-bit, although there is a 32-bit version of the AVR32 controllers. In addition, as noted above, AVRs belong to the type of RISC-Microcontrollers. The RISC (Reduced Instruction Set Computer) architecture is the computer with a reduced set of instructions but at the same time it gives an advantage in speed. The analogue of the RISC architecture is the CISC (Complex Instruction Set Computers) architecture.

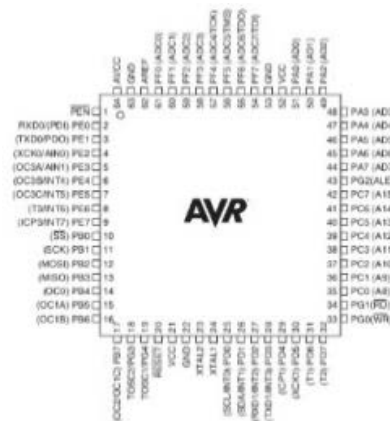


Fig. 1. 32-bit version of AVR32 controllers

The 8-bit controller implies that it is capable of transmitting and receiving 8-bit data. The provided Input / Output registers are also 8-bit. The controller architecture is based on registers. This means that registers are used to store the initial values of the operation and the result in the controller.

The controller processor receives data from the two input registers, it performs a logical operation and stores the result in the output register. All this takes 1 executable cycle.

In total, the AVR controller has 32 of 8-bit general-purpose registers. During the cycle, the processor takes data from two registers and uses them in an arithmetic-logic unit (ALU), which performs calculations with data and places them in a random register. The ALU can perform both arithmetic and logical operations with some registers. The ALU can also perform actions with one register.

In this case, the controller does not have an operand - the battery, unlike the controllers of the family 8051 - for which any operands can be used, and the result of the operation can also be placed in any operand.

The microcontroller corresponds to the Harvard computing architecture, according to which the computer has independent memory for programs and data. Therefore, while one operation is being performed, the next operation is pre-retrieved from the memory.

The controller is able to perform one operation per cycle. Due to this if the clock frequency of the microcontroller is 1 MHz, then its performance will be 1 million operations per second. The higher the clock speed of the controller, the higher its performance. However, when choosing the clock frequency of the controller, there must be a trade-off between its speed and power consumption.

In addition to flash memory and processor, the controller has peripherals such as Input / Output ports, analog - to - digital converter, timers, communication interfaces - I2C, SPI and serial port UART. All these peripherals can be controlled at the software level.



Fig. 2. Typical kernel architecture of AVR microcontrollers [6].

**Conclusions.** As a result of this work, various microcontrollers were considered, their structure and the principle of operation were clarified, and a family of microcontrollers was selected to be used for building up an autonomous system for CNC machine. We may conclude that to build up an autonomous system for CNC machines, the MegaAVR family is ideal. It is more than enough to read commands from a SD card and transmit them via the machine's serial port.

### References

1. Korolev, N., Korolev, D. (2003). AVR-mikrokontrollery vtorogo pokoleniya: sredstva razrabotchika [AVR microcontrollers of the second generation: development tools]. *Komponentyitekhnologii - Components and technologies*, № 7. – P. 112 [in Russian].
2. Korolev N., Korolev, D. (2003). AVR-mikrokontrollery vtorogo pokoleniya: novye apparatnye vozmozhnosti [AVR microcontrollers of the second generation: new hardware features]. *Komponentyitekhnologii - Components and technologies*, № 4. – P. 117 [in Russian].
3. Korolev, N., Korolev, D. (2001). AVR-mikrokontrollery vtorogo pokoleniya: bol'shoe v malom [AVR microcontrollers of the second generation: big to small]. *Skhemitekhnika – Circuitry*, № 5. – P. 8-17 [in Russian].
4. Korolev N., Korolev, D. (2000). AVR-mikrokontrollery: programmnye sredstva [AVR microcontrollers of the second generation: software]. *Komponentyitekhnologii - Components and technologies*, № 4. – P. 14 [in Russian].
5. Korolev N., Korolev, D. (1999). AVR: apparatny esredstva razrabotchika [AVR microcontrollers of the second generation: developer hardware]. *Komponentyitekhnologii - Components and technologies*, № 1. – P. 30 – 33 [in Russian].
6. Malakhov V. P., Yakovlev D. P. (2008). Mikrokontrolery: navch. posib. [Microcontrollers: teaching guide]. O: Naukaitekhnika- Science and Technology. 222p [in Ukrainian].
7. Plyasunov A. V. (2001). Ob odnompodkhode k resheniyu zadach dvukhurovneвого programmirovaniya [On one approach to solving problems of two-level programming]. *Trudy XII Baykal'skoymezhdunar. konf. «Metody optimizatsii i ikh prilozhenii» - Proceedings of the XIIth Baikal international conference "Optimization methods and their applications."* Irkutsk, P. 227–231 [in Russian].
8. Sommer U. (2012). Programmirovaniye mikrokontrollernykh plat Arduino/Freeduino [Microcontroller-Programming with Arduino/Freeduino]. SPb. : BKhV – Peterburg. 256p [in Russian].

## **ВИКОРИСТАННЯ ДОДАТКОВИХ БІБЛІОТЕК В СЕРЕДОВИЩІ ПРОГРАМУВАННЯ CODESYS 2.3 З МЕТОЮ РОЗШИРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ПРОГРАМОВАНИХ КОНТРОЛЕРІВ**

*Лісовець С.М. – к.т.н., ser.lis.290171@gmail.com  
Київський національний університет технологій та дизайну*

*Проведене дослідження програмованих контролерів компанії ОВЕН і середовища їх програмування CoDeSys 2.3 показало, що використання додаткових бібліотек дозволяє суттєво полегшити процес програмування таких контролерів, а вихідний програмний код робить більш прозорим і зрозумілим.*

*A study of OVEN programmable controllers and their CoDeSys 2.3 programming environment showed that the use of additional libraries can greatly facilitate the programming process of such controllers, and the source code makes it more transparent and understandable.*

**Вступ.** Майже всі сучасні технологічні процеси в різних галузях виробництва потребують застосування засобів обчислювальної техніки. Такі засоби дозволяють виконувати практично всі функції, які стосуються показу, сигналізації, реєстрації і регулювання технологічних параметрів. В якості засобів обчислювальної техніки можуть використовуватися промислові комп'ютери в різному виконанні (настінні і настільні, панельні, вбудовані, переносні тощо), програмовані контролери, окремі модулі і плати збору даних, прилади на жорсткій логіці (регулятори, лічильники, таймери тощо).

Найбільш часто використовуються програмовані контролери. З одного боку, вони мають функціональні можливості не гірше, ніж у промислових комп'ютерів. З іншого боку, вони мають надійність не гірше, ніж у приладів на жорсткій логіці. Зазвичай програмовані контролери мають або вбудоване середовище виконання (прошивку), або вбудовану операційну систему. Середовище виконання забезпечує більшу надійність виконання програмного коду, а операційна система – більшу функціональність. Тому для роботи безпосередньо з обладнанням використовуються контролери з середовищем виконання, а для подальшої ефективної обробки даних – контролери з операційною системою.

Одним з основних виробників програмованих контролерів, а також іншого обладнання для автоматизації в Україні є компанія ОВЕН

(м. Харків). Вона випускає програмовані контролери ПЛК63, ПЛК73, ПЛК100, ПЛК150, ПЛК154 і деякі інші, які дозволяють працювати безпосередньо з обладнанням і мають вбудоване середовище виконання, а програмуються за допомогою середовища програмування CoDeSys 2.3. Програмування здійснюється згідно з вимогами МЕК 61131-3 [1-4].

**Постановка проблеми.** Для програмування програмованих контролерів зазвичай застосовуються одна або кілька мов (IL, ST, SFC, LD, FBD, CFC) і стандартні бібліотеки `standard.lib` і `util.lib`. При цьому часто недостатньо уваги приділяється додатковим бібліотекам, які також входять до складу поставки контролерів: такі бібліотеки суттєво розширюють їх функціональні можливості і значно спрощують процес програмування. Таким чином, була поставлена задача дослідити додаткові можливості програмування середовища програмування CoDeSys 2.3.

**Результати досліджень.** Для обміну даними із “зовнішнім світом” програмовані контролери використовують різні інтерфейси: RS-232, RS-485, USB, Ethernet, CAN і деякі інші. З таких інтерфейсів можна виділити, зокрема, інтерфейс RS-485, основне призначення якого полягає у створенні комп’ютерних мереж у виробничих умовах. Багато засобів автоматизації взагалі мають тільки один інтерфейс RS-485, і обмін даними з ними можна здійснювати тільки за допомогою цього інтерфейсу. Тому для роботи з інтерфейсом RS-485 можна використати бібліотеку `SysLibCom.lib`. Відкриття і закриття порту здійснюється за допомогою функцій `SysComOpen` і `SysComClose`, налаштування порту – за допомогою функції `SysComSetSettings`, а передача і прийом даних – за допомогою функцій `SysComWrite` і `SysComRead`. Особливістю цієї бібліотеки є наявність функції `SysComSetSettingsEx`, як дозволяє контролювати потік даних і визначати кількість біт, які описують в потоці даних один символ.

Одним з напрямів розвитку засобів автоматизації є перехід на більш швидкісні інтерфейси, зокрема, на інтерфейс Ethernet. Такий інтерфейс передбачає використання протоколу мережевого рівня IP та протоколів транспортного рівня UDP і TCP. Тому для роботи з інтерфейсом Ethernet можна використати бібліотеку `SysLibSockets.lib`, яка базується на програмному інтерфейсі “сокет”. Відкриття і закриття “сокета” здійснюється за допомогою функцій `SysSockCreate` і `SysSockClose`, налаштування “сокету” – за допомогою функції `SysSockSetOption`, надання “сокету” IP-адреси – за допомогою функції `SysSockSetIPAddress`, встановлення “сокетом” з’єднання – за допомогою функції `SysSockConnect`, прослуховування “сокетом” з’єднання – за допомогою функції `SysSockListen`, прийняття “сокетом” з’єднання – за допомогою функції `SysSockAccept`, вибір “сокета” – за допомогою функції



SysSockSelect, а передача і прийом даних – за допомогою функцій SysSockSendTo і SysSockRecvFrom (по протоколу UDP) та SysSockSend і SysSockRecv (по протоколу TCP).

Більшість існуючих на теперішній час програмованих контролерів можуть виконувати не одну, а кілька задач одночасно. Це дає змогу за допомогою одного програмованого контролера підтримувати роботу кількох контурів керування (наприклад, одночасно керувати температурою і рівнем рідини в ємності). Такі контури керування можуть працювати абсолютно незалежно, і закон підтримання температури рідини в ємності може ніяк не залежати від рівня рідини в цій ємності. Але часто технологічні операції залежать одна від одної: наприклад, відбирати рідину з ємності можна тільки тоді, коли її температура досягла заданого значення. Такі технологічні операції повинні бути синхронізованими в часі, що досягти за допомогою стандартних прийомів програмування досить складно. Тому для роботи з кількома задачами, які потрібно синхронізувати одна з одною, можна використати бібліотеку SysLibEvent.lib. Синхронізація виконується шляхом створення, активації і видалення відповідних подій. Така синхронізація може бути виконана, в загальному випадку, між двома будь-якими задачами: одна із задач не буде виконуватися і при цьому буде чекати події, яка може бути (а може і не бути) активована іншою задачею. Створення події здійснюється за допомогою функції SysEventCreate, активація події – за допомогою функції SysEventSet, задання тайм-ауту – за допомогою функції SysEventWait, а видалення події – за допомогою функції SysEventDelete.

Для роботи із задачами також можна використати бібліотеку SysLibTasks.lib. Така бібліотека дозволяє створювати, видаляти, запускати і зупиняти задачі, а також змінювати їх пріоритет. Таким чином, з'являється можливість повністю контролювати порядок виконання технологічних операцій. Зокрема, для створення задачі з пріоритетом від 0 до 255 використовується функція SysTaskCreate, для видалення задачі – функція SysTaskDestroy, для призупинки і перезапуску задачі – функції SysTaskSuspend і SysTaskResume, для призупинки задачі на заданий час – функція SysTaskSleep.

Також важливим є розміщення безпосередньо в накопичувачі програмованого контролера різних файлів. Наприклад, це можуть бути файли, які містять вихідний програмний код, номінальну статичну характеристику вимірювального перетворювача, калібрувальні коефіцієнти і так далі. Часто наявність таких файлів вимагає замовник автоматизованої системи. Для роботи з файлами можна використати бібліотеку SysLibFile.lib. В цій бібліотеці для відкриття (створення) і закриття файлів

використовуються функції SysFileOpen і SysFileClose, для видалення файлів – функція SysFileDelete, для обміну даними з файлами – функції SysFileWrite і SysFileRead.

Іноді виникає потреба у безпосередньому керуванні роботою програмованого контролера. Для цього використовується бібліотека SysLibPLCCtrl.lib. Шляхом виклику функції SysStartPLCProgram з цієї бібліотеки програмований контролер можна запустити, шляхом виклику функції SysStopPLCProgram – зупинити, шляхом виклику функції SysResetPLCProgram – перезавантажити, а шляхом виклику функції SysShutdownPLC – вимкнути.

Крім того, не останню роль грає і обробка переривань. Застосування переривань значно зменшує навантаження на обчислювальну частину програмованого контролера, так як для обробки події, яка викликала переривання, необхідно тільки написати програмний код як “реакцію” на цю подію. Для цього використовується бібліотека SysLibInt.lib. Функція SysInstallIntHandler цієї бібліотеки дозволяє зв’язати оброблювач переривань заданої події з певною функцією, а функція SysRemoveIntHandler дозволяє розірвати цей зв’язок.

Необхідно зауважити, що крім розглянутих бібліотек середовища програмування CoDeSys 2.3, які застосовуються найчастіше, існують також бібліотеки для роботи з каталогами файлової системи, для доступу до змінних на основі прямих адрес, для керування пам’яттю, для роботи з годинниками реального часу і деякі інші. Використання таких бібліотек значно полегшує процес програмування програмованих контролерів, а вихідний програмний код робить більш прозорим і зрозумілим.

**Висновки.** Використання при створенні програмного коду в середовищі програмування CoDeSys 2.3 додаткових бібліотек дозволяє суттєво розширити функціональні можливості програмованих контролерів.

#### Список використаних джерел

1. Деменков Н.П. Языки программирования промышленных контроллеров: Учебное пособие / Под. ред. К.А. Пупкова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 172 с.: ил. – ISBN 5–7038–2608–Х.
2. Ельперін І.В. Промислові контролери: Навчальний посібник / І.В. Ельперін – К.: НУХТ, 2003. – 320 с. – ISBN 966–612–024–0.
3. Ключев А.С. Автоматизация настройки систем управления / А.С. Ключев, В.Я. Ротач, В.Ф. Кузищин. – М.: Альянс, 2015. – 272 с. – ISBN 978–5–91872–091–2.
4. Минаев И.Г. Свободно программируемые устройства в автоматизированных системах управления / И.Г. Минаев, В.В. Самойленко, Д.Г. Ушкур, И.В. Федоренко. – Ставрополь: АГРУС, 2016. – 168 с. – ISBN 978–5–9596–1222–1.

## КЕРУВАННЯ ЛІНІЙНИМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ КРОКОВИМ ПРИБРОЕМ

*Білоус А.Р.* – гр. МГМЕ-20, магістр, *anasstasia.b@ukr.net*

*Смолянiнов В.Г.* – к.т.н., доц., *701\_701@ukr.net*

*Київський національний університет технологій та дизайну*

*Проведений аналіз функціонування та ефективного керування лінійним електромагнітним кроковим пристроєм (ЛЕКП), при покроковому пересуванні якоря. Зазначені зміни індуктивних параметрів ЛЕКП, надані аналітичні вирази для їх розрахунку.*

*The analysis of the functioning and effective control of linear electromagnetic stepping devices (LESD), with a step-by-step movement of the armature. The indicated changes in the inductive parameters of LESD, provided analytical expressions for their calculation.*

**Вступ.** Лінійні електромагнітні крокові пристрої, зокрема механізми та двигуни, як елементи електроприводу з покроковим пересуванням рухомої ланки широко використовуються для автоматизації технологічних процесів. Існує достатньо велика кількість механізмів, що використовують для створення обертового моменту або синхронізуючого зусилля дію струму та магнітного поля в них. Проте питання керування цими пристроями недостатньо розглянуто. Особливо потребує додаткових досліджень та розробки ефективного керування електромагнітні пристрої лінійного пересування принцип дії яких базується на дискретній зміні стану електромагнітного поля в робочому зазорі за рахунок імпульсного збудження або перемикання обмоток при пересуванні рухомої ланки на довжину кроку.

**Постановка проблеми.** Метою роботи є дослідження функціонування та ефективного керування ЛЕКП при покроковому пересуванні якоря, аналіз динамічних та енергетичних характеристик роботи при зміні індуктивних параметрів лінійного електромагнітного крокового двигуна.

**Результати дослідження.** Для створення обертового моменту або синхронізуючого зусилля під дією струму та магнітного поля в ЛЕКП використовують спеціальні механізми. Такими механізмами можуть бути: а) пристрої у яких взаємодіють постійні магніти та провідники зі струмом (магнітоелектричні); б) пристрої у яких частини з магнітом'якого матеріалу втягуються в котушки зі струмом (електромагнітні); в) пристрої

у яких взаємодіють котушки зі струмом. Далі будемо розглядати електромагнітні пристрої лінійного пересування принцип дії яких базується на дискретній зміні стану електромагнітного поля в робочому зазорі за рахунок імпульсного збудження або перемикання обмоток при пересуванні рухомої ланки на довжину кроку. Для реалізації багатокрокового пересування в ЛЕКП використовуються лінійні крокові двигуни (ЛКД) з електромагнітним зв'язком статора та якоря, в яких при пересуванні якоря при пуску, гальмуванні та реверсі зберігається синхронізм. Також ЛКД допускають довгу фіксовану стоянку якоря, коли в обмотці статора протікає постійний струм. Керування такими ЛКД здійснюється за допомогою напівпровідникових перетворювачів, які формують необхідні рівні напруги живлення в керуючих обмотках ЛКД та мають відповідну систему керування ними за допомогою датчиків, що контролюють пересування якоря, чи без них, при досягненні струмом в обмотці свого сталого значення.

Багатообмоткова структура ЛКД подається як єдиний магнітопровід, в якому розміщені магнітозв'язані обмотки в розточці якого, вздовж секцій з полюсними наконечниками, де розміщені обмотки керування, пересувається якір, який складений з почергово встановлених феромагнітних та немагнітних вставок, що відповідає довжині кроку при пересуванні якоря.

Розглянемо ідеалізовані характеристики статичного синхронізуючого зусилля чотирифазного двигуна на рис. 1.

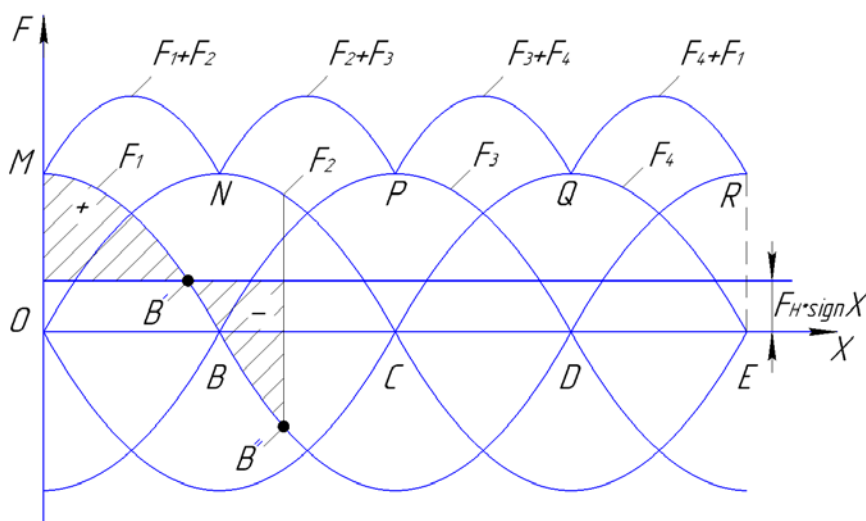


Рисунок 1 - Характеристики статичного синхронізуючого зусилля чотирифазного двигуна.

При роботі з розімкненою системою керування якір двигуна нерухомий і знаходиться у вихідній точці  $O$  стійкої рівноваги [1, 2]. При почергової комутації фаз для переміщення якоря вправо на рис. 1,

включається фаза 1, якір потрапляє в прискорює поле сил  $F_1$ , прискорюється і накопичує кінетичну енергію на ділянці розгону  $OB$ , яка визначається площею, укладеної між кривою  $F_1(x)$  і лінією, що зміщена від вісі абсцис на величину навантаження типу сухе тертя ( $F_n * \text{sign}X$ ). При цьому можливі наступні варіанти. Якщо під дією запасу придбаного при позитивному прискорюючому полі кінетичної енергії якір до моменту перемикання обмоток керування по інерції дійде до точки  $B$ , то на ділянці після точки  $B$  він попадає під дію сил гальмування, енергія яких пропорційна заштрихованій на рис. 1 ділянці площею, позначеною негативним знаком. Поле прискорюючих сил включеної тепер фази 2 в цьому місці менше свого максимального значення, яке було б в точці перемикання  $B$ , то залишиться невикористаною частина енергії прискорення фази 1. Аналогічні явища мають місце і при парній комутації фаз двигуна.

Таким чином, в розімкнутих системах поряд з прискорюючими силами мають місце гальмівні сили, причому збільшення енергії, що підводиться до двигуна, збільшує як одні, так і інші сили. Дія гальмівних сил може бути зменшена, а енергія прискорюючих сил може бути повністю використана, для чого необхідно в початковий момент включити обидві фази 1 і 2, а в момент часу, відповідний положенню точки  $B$ , відключити фазу 1 і включити фазу 3. Тоді на ділянці  $BD$  рух буде визначатися спільною дією сил  $F_2$  і  $F_3$ , а потім в точці  $D$  відключається фаза 2 і включається фаза 4 ( $F_3 + F_4$ ) і т.д. При такому режимі механічна енергія, що розвивається двигуном, буде пропорційна площі, укладеної між кривою  $MNPQR$  (від позначки  $M$  по шляху  $F_1 + F_2$  до позначки  $N$  і т.д.) і віссю абсцис, якір його буде розганятися з максимально можливою для даної конструкції швидкістю. До того ж швидкість його буде функцією прикладеної до двигуна електричної енергії, що вказує на можливість керування швидкістю шляхом регулювання напруги.

На основі аналізу експериментальних кривих зміни індуктивності обмотки ЛКД в залежності від положення якоря [1, 2, 3] отримані вирази, що апроксимують характер цих змін при переміщенні якоря до підходу під полюсний наконечник статора ЛКД, при  $\sigma^* < \varepsilon \leq 1 - K$ ;

$$L^* = L_{II}^* - \Delta L_I^* \cos \left[ \frac{\pi(\varepsilon - \sigma^*)}{2(1 - K - \sigma^*)} \right]; \quad \frac{dL^*}{d\varepsilon} = \frac{\pi}{2(1 - K - \sigma^*)} \Delta L_I^* \sin \left[ \frac{\pi(\varepsilon - \sigma^*)}{2(1 - K - \sigma^*)} \right],$$

та при підході під полюсний наконечник, при  $1 - K \leq \varepsilon < 1$ ;

$$L^* = L_I^* + \Delta L_{II}^* \sin \left[ \frac{\pi(\varepsilon + K - 1)}{2K} \right]; \quad \frac{dL^*}{d\varepsilon} = \frac{\pi}{2K} \Delta L_{II}^* \cos \left[ \frac{\pi(\varepsilon + K - 1)}{2K} \right],$$

що представлені в безрозмірному вигляді, де коефіцієнти, що визначають зв'язок розмірних та безрозмірних величин, наведені:

$$L^* = \frac{L}{L_I}; \Delta L_I^* = \frac{\Delta L_I}{L_I}; \Delta L_{II}^* = \frac{\Delta L_{II}}{L_I}; \varepsilon = \frac{x}{x_\delta}; \sigma^* = \frac{\sigma}{x_\delta}; K = \frac{b_n}{2x_\delta};$$

$$\Delta L_I = (L_{II} - L_I) \frac{b_{ст} - b_n - 2\sigma}{b_n - 2\sigma}; \Delta L_{II} = (L_{II} - L_I) \frac{b_n}{b_n - 2\sigma},$$

де  $L_I, L_{II}$  - мінімальна та максимальна індуктивності обмотки;  $b_{ст}$  - ширина секції статора;  $b_n$  - ширина полюсного наконечника;  $\sigma$  - зміщення якоря відносно положення магнітної рівноваги,  $x_\delta$  - шаг переміщення якоря.

Аналізуючи залежність індуктивності та її першої похідної від координати у безрозмірному вигляді, знаходимо, що при підході якоря під полюсний наконечник зміна індуктивності незначна, що призводить до стрімкого зменшення її похідної, яка в положенні магнітної рівноваги приймає нульове значення, що пояснюється замиканням магнітного ланцюга крізь ділянки з малим магнітним опором та досягненням індуктивності системи свого максимального значення. Зі зміною індуктивних параметрів ЛКД, відбувається зміна струму в обмотці включеної секції ЛКД який досягає свого мінімального значення [4] коли індуктивність має максимальне значення, а її похідна спадає до нуля і якір переміщується на величину кроку та займає положення магнітної рівноваги в секції включеної обмотки.

**Висновок.** В результаті проведеного аналізу розглянута дія прискорюючих та гальмівних сил на пересування якоря ЛЕКП, наведені аналітичні вирази зміни його індуктивних параметрів, що дозволяє підвищити діапазон робочої швидкості, стійкості і якості руху та реалізувати ефективне керування ЛКД.

#### Список використаних джерел

1. Гнатов А. В. Теорія електроприводу транспортних засобів / А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун, І. С. Трунова. - Харків: ХНАДУ, 2016. - 292 с.
2. Емельянов А. В. Шаговые двигатели: учеб. пособие /А. В. Емельянов, А. Н. Шилин. - Волгоград: ВолгГТУ, 2005. - 48 с.
3. Электромагнитный привод робототехнических систем/[А.А. Афонин, Р.Р. Белозер, В.В. Гребеников и др.]. - Киев: Наук. думка, 1986. - 272 с.
4. Смолянінов В. Г. Енергоефективне керування лінійним кроковим пристроєм/В. Г. Смолянінов, О. М. Сухопара//Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2019. – № 4 (136). – С. 49-57.

## АНАЛІЗ СТАНУ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ SMART GRID В ЕНЕРГЕТИЦІ УКРАЇНИ

*Мелконова І.В.* – ст. викл., [melkonova@snu.edu.ua](mailto:melkonova@snu.edu.ua)

*Романченко Ю.А.* – к.т.н., доц., [romanchenko\\_ja@snu.edu.ua](mailto:romanchenko_ja@snu.edu.ua)

*Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля*

*У статті розглядаються тенденції розвитку енергетичного комплексу України і можливість створення сучасного енергетичного комплексу за рахунок використання інноваційної технічної бази управління енергією, за допомогою концепції Smart Grid. В роботі описані способи модернізації електроенергетичного комплексу України опираючись на закордонний досвід. Авторами наведено загальні властивості технології Smart Grid та сформульовані основні переваги. Узагальнено представлено порівняльну характеристику функціональних властивостей діючих енергетичних систем і енергетичних систем на базі концепції Smart Grid.*

*The article considers the development trends of the energy complex of Ukraine and the possibility of creating a modern energy complex through the use of innovative technical base of energy management, using the concept of Smart Grid. The paper describes the methods of modernization of the power complex of Ukraine based on foreign experience. The authors present the general properties of Smart Grid technology and formulate the main advantages. The comparative characteristics of the functional properties of existing energy systems and energy systems based on the Smart Grid concept are summarized.*

**Вступ.** Сучасні навантаження на енергосистему вимагають швидкого і максимально точного аналізу стану робочої системи для локалізації неполадок, або їх запобігання за допомогою прогнозу навантажень на окремі сегменти системи. В цьому плані енергетичні мережі все більше вимагають доповнення новими цифровими інтелектуальними рішеннями, здатними допомагати виконувати завдання збору та аналізу великої кількості даних. На теперішній час в галузі електроенергетики України існують певні проблеми, основною з яких є значна зношеність електромережевого комплексу, в результаті чого електричні мережі не витримують навантаження нового часу. Високий рівень зносу основного і допоміжного обладнання енергосистеми і нерівномірний розподіл навантаження в мережі часто призводять до аварійних ситуацій і відключень електропостачання споживачів. Для того, щоб зробити інфраструктуру електроенергетики гнучкою та надійною необхідно впровадження нових технологій. Одним із таких інструментів є Smart Grid [1, 2].

**Постановка проблеми.** Метою роботи є проведення оглядового аналізу Smart Grid в енергетиці України та оцінка перспектив її розвитку.

**Результати досліджень.** Як свідчать дослідження, в Україні один з найвищих в Європі показників тривалості аварійного відключення світла 696 хвилин на рік в середньому по країні. Для порівняння, цей показник в Польщі – 180 хвилин, Латвії – 104 хвилини, а в Німеччині – взагалі 13 хвилин. З огляду на це, українська енергетика переживає період змін. Потреба в нових сучасних рішеннях подібних ситуацій – це не просто питання мінімізації збитків, це умова розвитку енергетичної галузі в цілому [3].

У ряді європейських країн процес модернізації електроенергетики в напрямку створення «розумних» мереж електропостачання, системно і послідовно йде вже тривалий час. «Інтелектуальне» керівництво електромережею забезпечує автоматизацію, моніторинг і контроль передачі в обох напрямках енергії на всіх етапах – від електростанції до споживача. Сьогодні найбільш масштабні програми здійснюються в США, Канаді і у всіх країнах Євросоюзу, особливо в Латвії, Італії, Франції, Німеччині. Крім того, прийнято рішення про реалізацію аналогічних проектів і в великих країнах, що розвиваються: Індія, Бразилія, Мексика. До 2022 року 100%-е оснащення смарт-лічильниками планується в США, Китаї, Бразилії, Японії.

В Україні робота над впровадженням новітніх технологій в національній енергосистемі почалася відносно недавно. Наприклад, з 2014 року бельгійська компанія Tractebel займається розробкою і впровадженням низки пілотних технологій і проектів Smart Grid на рівні системного оператора – НЕК «Укренерго». Оператори системи розподілу також поступово намагаються впроваджувати елементи розумних електричних мереж.

Проект розумних мереж Smart Grid реалізовується в рамках Проекту передачі електроенергії-2, що фінансується МБРР за сприянням Фонду Чистих Технологій. Метою цього проекту є зменшення викидів CO<sub>2</sub> за рахунок забезпечення технічної можливості збільшення долі генерації з відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) в загальному енергобалансі країни.

Результатом впровадження Smart Grid має стати поява енергоінформаційної мережі.

Технологія Smart Grid характеризується кількома інноваційними властивостями, що відповідають новим потребам ринку, серед яких можна виділити наступні [4-6]:



1. Активна двонаправлена схема взаємодії в реальному масштабі часу інформаційного обміну між всіма елементами і учасниками мережі, від генераторів енергії до кінцевих пристроїв електроспоживачів.

2. Охоплення всього технологічного ланцюга електроенергетичної системи, від енерговиробників (як центральних, АЕС, ТЕЦ, ГЕС, так і автономних, сонячних індивідуальних генераторів, накопичувачів енергії), електророзподільних мереж і кінцевих споживачів.

3. Для забезпечення інформаційного обміну даними в Smart Grid передбачено використання цифрових комунікаційних мереж та інтерфейсів обміну даними. Однією з найважливіших цілей Smart Grid є забезпечення практично безперервного керованого балансу між попитом і пропозицією електричної енергії. Для цього елементи мережі повинні постійно обмінюватися між собою інформацією про параметри електричної енергії, режими споживання і генерації, кількість споживаної енергії та плановане споживання.

4. Smart Grid вміє ефективно захищатися і самовідновлюватися від великих збоїв, природних катаклізмів, зовнішніх загроз.

5. Сприяє оптимальній експлуатації інфраструктури електроенергетичної системи.

6. З точки зору загальної економіки Smart Grid сприяє появі нових ринків, учасників і послуг.

7. Завдяки сучасним технологіям Smart Grid може застосовуватися як в масштабах будівель, підприємств, так і для побутового використання. Відповідно, всі пристрої, що входять до складу Smart Grid, повинні бути оснащені технічними засобами, що здійснюють інформаційну взаємодію.

Основні переваги Smart Grid:

– надійність та якість електропостачання (Smart Grid запобігає масовим відключенням, забезпечує поставку чистої електроенергії);

– безпека (Smart Grid постійно контролює всі елементи мережі з точки зору безпеки їх функціонування);

– енергоефективність (зниження споживання електричної енергії; оптимальне споживання призводить до зниження потреб в генеруючих потужностях);

– екологія та охорона навколишнього середовища (найголовніший ефект досягається за рахунок зниження кількості і потужностей генеруючих елементів мережі, це веде, до зниження викиду CO<sub>2</sub> в атмосферу);

– фінансові переваги (зниження операційних витрат; споживачі мають точну інформацію про вартість і можуть оптимізувати свої витрати на електричну енергію).

Зазначені переваги стосуються всіх учасників, від кінцевих споживачів та енергопостачальників до всього суспільства в цілому.

У табл. 1 узагальнено представлено порівняльну характеристику функціональних властивостей діючих енергетичних систем і енергетичних систем на базі концепції Smart Grid.

*Таблиця 1 – Порівняльна характеристика функціональних властивостей діючих енергетичних систем і енергетичних систем на базі концепції Smart Grid*

<b>Енергетична система сьогодні</b>	<b>Енергетична система на базі концепції Smart Grid</b>
Одностороння комунікація між елементами або її відсутність	Двосторонні комунікації
Централізована генерація - складно інтегрована розподілена генерація	Розподілена генерація
Топологія - переважно радіальна	Переважно мережева
Реакція на наслідки аварії	Реакція на запобігання аварії
Робота обладнання до відмови	Моніторинг і самодіагностика, що продовжують «життя» обладнання
Ручне відновлення	Автоматичне відновлення - «самолікуючі мережі»
Схильність системних аварій	Запобігання розвитку системних аварій
Ручне і фіксоване виділення мережі	адаптивне виділення
Перевірка обладнання за місцем	Віддалений моніторинг обладнання
Обмежений контроль перетоків потужності	Управління перетоками потужності
Недоступна або сильно запізнена інформація про ціну для споживача	Ціна в реальному часі

Очікується, що саме розвиток і здійснення функціональних властивостей, розглянутих вище, дозволять істотно підвищити ефективність електроенергетики і забезпечити очікувані вигоди для всіх зацікавлених сторін.

В Україні поки можна відзначити початковий етап ознайомлення і формування перших організаційних ініціатив по Smart Grid, а також випробування окремих технічних рішень. Поки що не вироблено реальну державну стратегію по відношенню до енергоефективності. Необхідно також враховувати велику протяжність електророзподільних мереж в

нашій країні і недостатньо розвинену інфраструктуру. Однак перші ініціативи в цій галузі у нас вже з'являються.

**Висновки.** Результати проведеного аналізу стану застосування Smart Grid в енергетиці України, виконаного на основі сучасних досліджень, дозволяють сформулювати висновок, що Smart Grid – це перш за все концепція інноваційного перетворення електроенергії, реалізація якої, як очікується, буде пов'язана з істотними економічними, науково-технічними, екологічними і іншими ефектами, що і зумовлює значну увагу до даного напрямку технологічно розвинених країн і велику кількість реалізованих ними заходів.

У той же час досягнення потенційних ефектів від Smart Grid в довгостроковій перспективі вимагає зміни принципів, цілей, завдань, моделей розвитку і функціонування електроенергетики, оскільки, як видно зі змісту дослідження, Smart Grid ґрунтується на відмінних від традиційних підходах.

В Україні існують необхідні передумови і достатні можливості для реалізації концепції Smart Grid. Це обумовлено тим, що досить істотна частина ідей і компетенцій, що реалізуються в рамках цієї концепції, співзвучна ідеології побудови єдиної енергетичної системи України і, безсумнівно, може отримати належний розвиток в нашій країні в майбутньому.

#### **Список використаних джерел**

1. Кириленко А. В. Интеллектуальные электроэнергетические системы: элементы и режимы; под. общ. ред. акад. НАН Украины А. В. Кириленко. Киев : Ин-т электродинамики НАН Украины, 2014. 408 с.
2. Використання технологій Smart Grid для підвищення ефективності електропостачання споживачів / Мороз О. М., Черемісін М. М., Попадченко С. А., Савченко О. А., Дюбко С. В. Енергетика: економіка, технології, екологія. 2017. № 3 (49) С.45-50.
3. Попадченко С. А. Аналіз світових тенденцій модернізації електричних підстанцій на сучасному етапі розвитку. Енергетика та електрифікація. 2016. № 9. С. 46-49.
4. Згуровський М.З. Сталий розвиток суспільства та енергетики / М.З. Згуровський, А.В. Паровик // Енергетика. Екологія. Людина. Наукові праці НТУУ «КПІ», ІЕЕ. – Київ : НТУУ «КПІ», ІЕЕ, 2009. С. 8–13.
5. Каплун В.В. Smart Grid як інноваційна платформа розвитку електроенергетичних систем / В.В.Каплун, В.В. Козирський // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь : ТДАТУ, 2011. – Вип. 11. Т. 4. С. 35–46.
6. Основні питання політики розвитку електроенергетичної галузі України: аналітична доповідь / Регіональний філіал Національного інституту стратегічних досліджень у м. Дніпропетровську. – Дніпропетровськ, 2011. 89 с.

## СУЧАСНЕ ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНЕ ПРОГРАМУВАННЯ В ЗАДАЧАХ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕКСТУРИ ТКАНИНИ

*Астістова Т.І.* – к.т.н., доцент, *astistova@ukr.net*

*Тюпа О.В.* – МГІТ-2-20, магістр, *typaolena@ukr.net*

*Київський національний університет технологій та дизайну*

*У статті було представлено аналіз досліджень процесу контролю за сформованими текстурами тканин без додаткових вершин та карт висот. Предметом дослідження є властивості текстильних матеріалів, методи їх моделювання в процесі їх функціонування. Завдання роботи було створити реалістичну фактуру тканини з подальшим її швидким коригуванням.*

*Програмне забезпечення розроблено із застосуванням сучасного об'єктно-орієнтованого програмування для швидкого контролю за зміною текстур тканин з подальшою інтеграцією в моделювання текстильного процесу за допомогою візуального движка Blender Cycles та шейдера PBR.*

*The article presents an analysis of research on the process of control over the formed textures of tissues without additional vertices and height maps. The subject of research is the properties of textile materials, methods of their modeling in the process of their functioning. The task of the work was to create a realistic texture of the fabric with its subsequent rapid adjustment.*

*The software is developed using modern object-oriented programming for quick control of changes in fabric textures with subsequent integration into the modeling of the textile process using a visual engine Blender Cycles and a PBR shader.*

**Вступ.** Створення реалістичної текстури тканини в комп'ютерній графіці за допомогою сучасних 3D інструментів, з подальшим корегуванням самої текстури в реальному часі, завжди була достатньо важкою та трудомісткою задачею.

Тканина є просторовою сіткою, що складається з прямокутних або квадратних осередків, утворених двома взаємно перпендикулярними системами ниток - основними, розташованими вздовж тканини, і утоковими, що лежать поперек тканини. Різна послідовність переплетення основних і утокових ниток, створює в тканинах різноманітні малюнки. Переплетення ниток не тільки надає тканинам різного зовнішнього вигляду, але і змінює їх властивості.

**Постановка завдання.** Метою роботи було дослідити характеристики та зробити швидкий аналіз текстур тканин за допомогою сучасних інструментів в сфері 3D моделювання з використанням об'єктно-орієнтованого програмування. Завданням роботи було створення реалістичної текстури тканини з подальшим її швидким корегуванням за допомогою процедурно-генеруємої текстури, без використання додаткових вершин та карт висот.

**Результати досліджень.** Для проведення досліджень були використані інструменти Blender та візуальний движок Blender Cycles

Blender - це професійне, вільні та відкриті програмні набори інструментів для комп'ютерної графіки, що використовуються для створення візуальних ефектів, 3D-друкованих моделей, текстурування, моделювання м'якого тіла інтерактивних 3D-програм, ультрафіолетових розпакувань і відеоігор.

Візуальний движок Blender Cycles, це движок, основою якого є фізичні закони трасувальних шляхів (path tracer). По суті, алгоритм роботи цього двіжка інтегрується по всій освітленості, що надходить в одну точку на поверхні об'єкту. Потім цю освітленість зменшують за допомогою функції відображення поверхні (BRDF), щоб визначити, яка частина буде передана до точки огляду камери. Ця процедура інтеграції повторюється для кожного пікселя в вихідному зображенні. У поєднанні з фізично точними моделями поверхонь, точними моделями реальних джерел світла і оптично-правильними камерами, трасування шляху може створювати нерухомі зображення, які не відрізняються від фотографій.

Розширений варіант алгоритму реалізується шляхом об'ємного трасування шляху, який враховує розсіювання світлосцени.

Всі поверхні мають двопротеневу функцію відображення, яка описує здатність відзеркалювати розсіювання (Bidirectional Scattering Distribution Function, BSDF) (див. рис.1), що є основною чотиривимірною функцією  $f_r(\omega_i, \omega_o)$ :

де:  $\omega_i$  - напрям вхідного світла, а  $\omega_o$  - напрям вихідного світла.

Функція  $f_r(\omega_i, \omega_o)$  описує шлях, по якому світло розсіюється на поверхні в реальному світі.

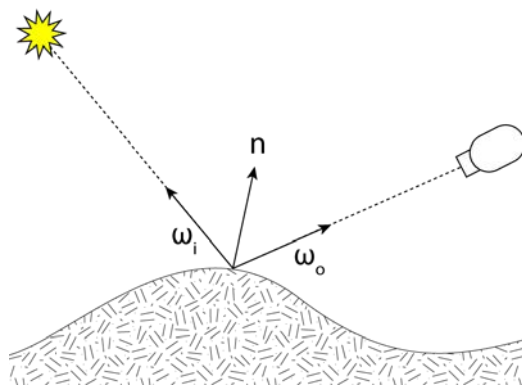


Рисунок 1- Вектори, що використовуються в BSDF

Віртуальний движок Blender Cycles використовує функцію для обчислення візуалізації (рендеру) об'єкта в віртуальному середовищі, як трасировщик шляху. Промені світла, які випромінює камера, відбиваються

від об'єктів моделювання, до тих пір поки, не досягнуть джерела світла або «порожнього» фону. З цієї причини, трасірований шлях може візуалізувати модель протягом невеликого часу. Слід зауважити, що у закритому середовищі трасірований шлях значно збільшується по відношенню до відкритого простору, що спричинить збільшення часу візуалізації.

Для дослідження та аналізу текстури тканини були створені ноди (Nodes; «вузли»), які об'єднали в дерево нодів, що має назву шейдер (Shader).

У комп'ютерній графіці шейдер - це тип комп'ютерної програми, який спочатку використовувався для вироблення відповідних рівнів світла, темряви та кольору у зображенні, але який зараз виконує цілий ряд спеціалізованих функцій у різних областях комп'ютерної графіки.

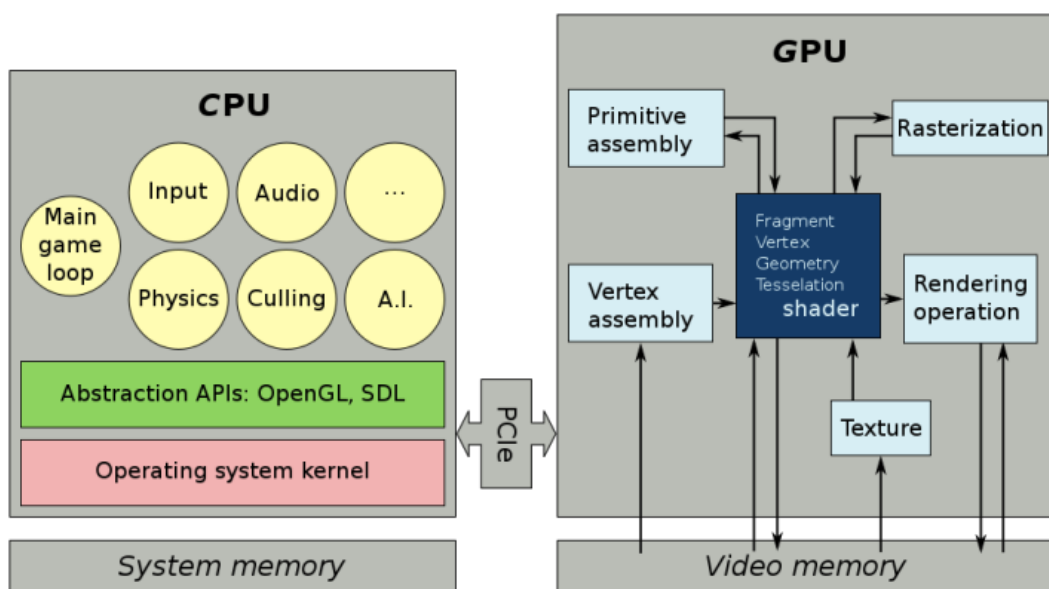


Рисунок 2- Графічне зображення роботи шейдера

Shader - це програма для одного із ступенів графічного конвеєра, що використовується в тривимірній графіці для визначення остаточних параметрів об'єкта чи зображень (див. рис. 2).

Програма може включати в себе опис поглинання довільної складності та розсіювання світла, накладання текстури, віддзеркалення і заломлення, затінення, зміщення поверхні і ефекти пост-обробки. За допомогою цього шейдера ми можемо контролювати та повністю змінювати текстуру тканини в реальному часі та отримувати бажаний результат. Цей метод дозволяє спростити створення матеріалів, підтримує глобальне освітлення, і, нарешті, більш реалістичний в результаті.

Робочий інтерфейс шейдера має перемикачі контролю та настройки для створення оптимального результату дослідження.

На рисунку 3 відображено метод створення PBR шейдера тканин. Цей шейдер дає змогу використовувати метод автоматичного накладання (Generated) текстури, але краще, для повного контролю, використовувати метод накладання UV, який є процесом 3D моделювання для створення тривимірного зображення за допомогою заданого двовимірного зображення. В залежності від об'єкта моделювання використовується один із методів.



*Рисунок 3 - Метод створення PBR шейдера тканин*

Цей метод дозволяє спростити створення матеріалів, підтримує глобальне освітлення, і, нарешті, більш реалістичний.

В роботі було розроблено дерева нодів для процедурно- генеруємої текстури тканин. Для кожного виду тканини були створені різні дерева нодів.

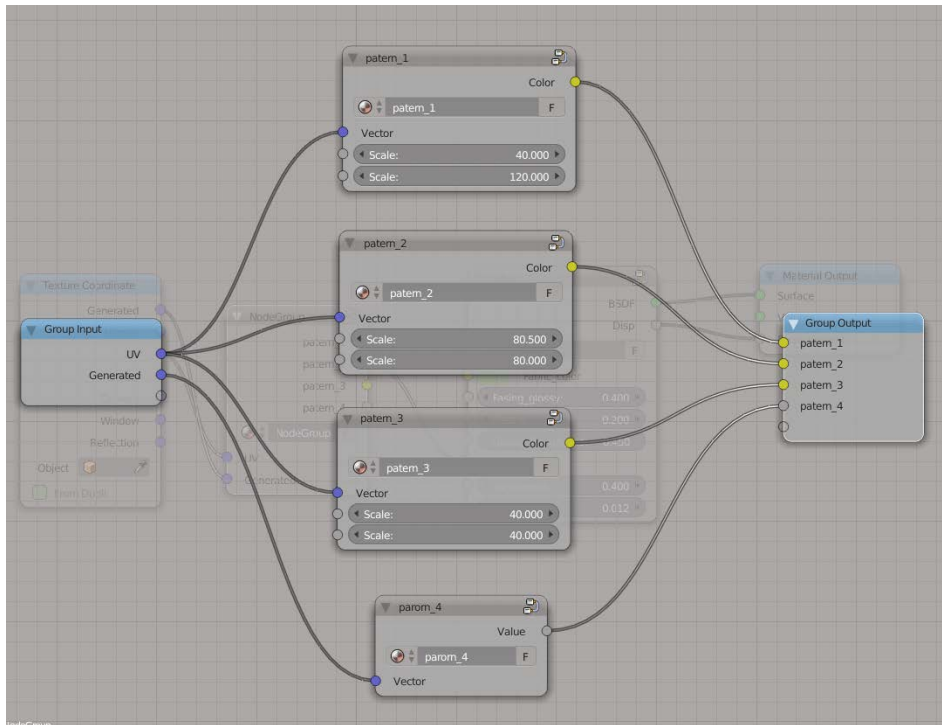
На рисунку 4 показано «головне» дерево нодів. Текстурні координати з'єднуються с нодом, в якому задається напрям ниток і типи тканин (всього типів 4).

**Висновки.** Розроблено програмне забезпечення з використанням сучасного об'єктно-орієнтованого програмування для швидкого контролю та зміни текстури тканин з подальшим інтегруванням в проекти моделювання процесів в реальному часі з використанням PBR (Physically Based Rendering) шейдера на движку Blender Cycles .

Шейдери дають змогу без додаткових карт висот і додаткової топології створювати реалістичну текстуру тканини, яку можна редагувати в

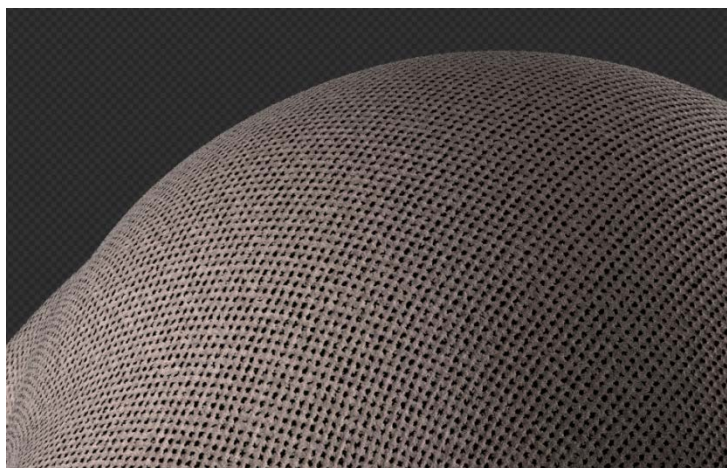


реальному часі і зразу бачити результат змін. За допомогою об'єктно-орієнтованого програмування, інструментів Blender та візуального движка Cycles було створено шейдери різного виду тканин.



*Рисунок 4 - «Головне» дерево нодів*

Приклад результату роботи програми представлено на рисунку 5.



*Рисунок 5 - Реалізація текстури простого вида тканини*



## Список використаних джерел

1. Enrico Valenza. Blender 2.6 Cycles: Materials and Textures Cookbook, // Enrico Valenza / 2015. - 299 с.
2. Прахов А., Самоучитель Blender 2.7/ Андрей Прахов/ , 2016 – 402 с.
3. Флеминг Билл. Фотореализм. Профессиональные приемы работы, 2014 – 384 с.
4. Graphics Shaders: Theory and Practice/ Книга, Майк Бейли и Стив Каннингэм 2009 - 387 с.
5. Блинов И.Н., Java. Методы программирования И.Н. Блинов, В.С. Романчик. – Минск: Четыре Четверти, 2013. – с. 80.
6. Слаква А. Рководство по Cycles, // Артём Слаква / 2016 – 426 с.
7. Real-Time Shader Programming (The Morgan Kaufmann Series in Computer Graphics) /Morgan Kaufmann 2003 - 424s.
8. Open Shading Language for Blender /Michel Anders 2016 -533s.

## ВПЛИВ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ НА ЕМОЦІЙНИЙ ТА ПСИХІЧНИЙ СТАН УЧНІВ І СТУДЕНТІВ

**Ядрова Д.А.** – студентка, [yadrova3@gmail.com](mailto:yadrova3@gmail.com)

**Панасюк І.В.** – д.т.н., професор, [panasjuk.i@knuvd.com.ua](mailto:panasjuk.i@knuvd.com.ua)

Київський національний університет технологій та дизайну

*Актуальність проблеми полягає в тому, що дистанційне навчання впливає на емоційний та психологічний стан учнів, зростає тривалість проведеного часу за екраном, знижується тривалість сну, рухової активності та прогулянок. Ці фактори є стартом для розвитку неврозів, депресій, вегетативних розладів, порушення сну та тривожності. Мета роботи - визначити, яким чином дистанційне навчання впливає на емоційний та психологічний стан здобувачів освіти. Виходячи з поставленої мети, вирішувались наступні завдання: дослідження відмінностей он-лайн та оф-лайн навчання; розробка та проведення опитування серед учнів та студентів для визначення впливу дистанційного навчання на емоційний та психічний стан; аналіз отриманих результатів. Наукова новизна отриманих результатів полягає у виявленні негативних чинників та в ряді пропозицій, як їх змінити. Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості використання пропозицій для подальшого удосконалення системи дистанційного навчання. На основі аналізу даних результатів опитування, надані рекомендації для збереження і зміцнення здоров'я дітей та підлітків.*

*Due to the pandemic COVID-19 people began to use innovative approaches for ensuring continuity of learning. However, the changes that have taken make us think that promising prospects, unfortunately, are not available to everyone. A lot of children and students suffer from a lack of resources or favorable conditions for learning. In addition, despite the innovation, the educational process is a challenge for students' the mental and emotional health. Many parents and teachers are convinced that there are many reasons, which prove that distance learning is not learning, but only a painful parody of it. Aim. To determine how distance learning affects the emotional and psychological health of students. Task. Based on the goal, it is necessary to find out the following tasks: research of differences between online and offline learning; working on quiz among students and pupils; analysis of results. A scientific value is obtained in finding out negative factors and suggestions to change them. A practical value is obtained in a facility to use suggestions for further improvement of the distance learning system.*

**Вступ.** Пандемія COVID-19 спричинила найбільший за всю історію збій у функціонуванні систем освіти. Закриття шкіл та інших освітніх закладів торкнулося 94% світового контингенту учнів, а у країнах з низьким рівнем доходу та з рівнем доходу нижче середнього цей показник становить майже 99%. Усі ці освітні втрати є великою загрозою для майбутнього покоління, адже вони можуть ліквідувати прогрес, який досягався десятиліттями [6].

Для забезпечення безперервності навчання у зв'язку з пандемією COVID-19 почали застосовуватися новаторські підходи: від радіо- та телетрансляцій до надання навчальних матеріалів додому. Проте, зміни, що відбулися, змушують задуматися про те, що багатообіцяючі перспективи, на жаль, не є доступними для кожного - це стосується дітей і молоді, які страждають від відсутності ресурсів або сприятливого середовища для доступу до навчання. Також, не зважаючи на інноваційність, освітній процес є справжнім викликом для психічного та емоційного стану учнів та студентів.

Дистанційне навчання – це інноваційне навчання. Воно було доступно нам вже тоді, коли виникли персональні комп'ютери та Інтернет - поширення «швидкого Інтернету» дало можливість використовувати аудіо- і відео-трансляції, аудіо- і відео-конференції, інтернет-конференції, інтернет-трансляції [1]. Але найбільшої популярності воно зазнало під час карантину.

Освіта через Інтернет стала новою для більшості. Однією з головних переваг в онлайн-навчанні є об'єктивність - викладач оцінює не залежно від особистих вподобань; тут неможливо отримати оцінку за те, що ти просто гарна людина – треба довести, що ти і гарний учень. Також дистанційне навчання дозволяє реалізувати для студента індивідуальну навчальну програму, індивідуальний навчальний план, індивідуальний графік занять, послідовність і темп вивчення предметів. Особливо це є плюсом для працюючих, а також для молодих мам та інвалідів [1].

Ще одним плюсом дистанційного навчання є його економічність. Навчання «у житті» зазвичай дорожче, адже у вартість входить плата за оренду приміщення, час викладача, витрати на дорогу та на підготовку і друк роздаткових матеріалів, а також печиво, кава та інші приємні бонуси, які роблять умови навчання комфортніше. У випадку з онлайн-навчанням все набагато простіше і дешевше: тут немає витрат на майданчик і господарські потреби. Найчастіше онлайн-курси - це вже набір готових відеозаписів, які записуються один раз і за кілька показів себе окуповують [2].

Отже, перевагами дистанційного навчання є:

- Об'єктивність;
- Індивідуальність;
- Економічність.

Основною особливістю дистанційного навчання є інтерактивний зв'язок з учнем та вчителем замість «живого». Це можна вважати недоліком, адже коли студенти працюють з викладачем особисто, сприйняття інформації відбувається швидше. Починає працювати асоціативна пам'ять, додається зорова і слухова. Учні отримують не тільки знання, а й досвід проживання життєвих ситуацій, змодельованих в спільних іграх при виконанні практичних завдань [2]. У дистанційній формі навчання вчителі зазвичай записують відео або готують презентації, завантажують у віртуальне середовище і все. В онлайн-навчанні відсутній прямий зв'язок з викладачем, є тільки спілкування під час вебінару або окремого чату в системі, немає можливості вирішити питання «на місці».

Засобами дистанційного навчання є усі види інформаційних технологій. Завдяки ним можна навчатися у будь-якому місці, де є комп'ютер з доступом в Інтернет: вдома, на роботі, з ноутбуком в поїзді. Але вони не є доступними для усіх студентів та учнів, адже деякі живуть у населених пунктах, де нема Інтернету; крім того, не у всіх є можливість придбати «спеціальне обладнання» для навчання.

У відкритому доступі можна знайти велику кількість навчального матеріалу, але з великої кількості інформації іноді важко вибрати актуальну і найбільш корисну. Також слід звернути увагу на мотивацію під час онлайн-навчання. Нові знання засвоюються набагато швидше і ефективніше, коли студент взаємодіє з іншими учасниками. Йому не хочеться відставати від групи, тому він намагається показати себе з кращого боку. Здорова конкуренція підвищує загальну успішність [3]. У разі онлайн-навчання такого немає - студент сидить за комп'ютером, прослуховує відеозаписи занять і виконує онлайн-тести - тут потрібен більший рівень самоорганізації та самоконтролю.

Отже, недоліками дистанційного навчання є:

- Недоступність кожному;
- Великий обсяг матеріалів в Інтернеті, через що дуже важко знайти вірну інформацію;
- Відсутність живого контакту;
- Вимагає високого рівня самоконтролю та самоорганізації – результат залежить тільки від ваших зусиль;
- При онлайн-навчанні часто виникають труднощі з контролем знань.

**Постановка проблеми.** Розглянемо ще те, як дистанційне навчання впливає на емоційний та психологічний стан учнів. Викликом для людей, перш за все, стала суцільна ізоляція та високе навчальне навантаження. Перехід на онлайн-навчання змінив спосіб життя дітей – зросла тривалість проведеного часу за екраном, сидяча поведінка, знизилася тривалість сну, рухової активності та прогулянок. Ці фактори є стартом для розвитку неврозів, депресій, вегетативних розладів, порушення сну та тривожності. Недостатня увага до цих проблем може привести до розвитку межових психічних захворювань та психосоматичних розладів, і зрештою до втрати здоров'я [5]. Проблема психічного здоров'я школярів є досить важливою і потребує уваги з боку суспільства і батьків.

Мета роботи - визначити, яким чином дистанційне навчання впливає на емоційний та психологічний стан здобувачів освіти. Виходячи з поставленої мети, вирішувались наступні завдання: дослідження відмінностей он-лайн та офлайн навчання; розробка та проведення опитування серед учнів та студентів для визначення впливу дистанційного навчання на емоційний та психічний стан; аналіз отриманих результатів.

**Результати досліджень.** Для вирішення сформульованих завдань було проведено он-лайн опитування в віковій групі 14 – 23 роки (учні та студенти). Ціль опитування – визначити як онлайн-навчання впливає на емоційний та психологічний стан студентів та учнів.

Анкета була сформована з двох розділів.

**I. 12 питань, де була можлива 1 відповідь:**

- Ваша стать: чоловіча, жіноча;
- Ваш вік: до 14 років, від 15 до 17 років, від 18 до 21 років, від 21 до 23 років, більше 23 років;
- Ваша форма проживання: самостійно, з батьками, з дівчиною/хлопцем, з чоловіком/дружиною, з друзями, інше;
- Чи займаєтесь Ви саморозвитком, окрім навчання у школі/університеті (читання, додаткові курси, творче хоббі, тощо): так, ні;
- Як Ви вважаєте, чи високе ваше навчальне навантаження: так, ні;
- Скільки часу щодня Ви проводите за екраном менше 2 годин, у середньому 2 години, більше 2 годин;
- Чи харчуєтесь Ви повноцінно: так, ні;
- У який час Ви починаєте навчатися: 8.00-9.00, 9.00-11.00, 11.00-13.00, 13.00-14.00, після 14.00;
- Чи займаєтесь Ви спортом під час дистанційного навчання: так, ні;

- Яким чином дистанційне навчання впливає на Вашу РОЗУМОВУ АКТИВНІСТЬ та ментальну готовність до продуктивної праці: зовсім не впливає, незначним чином погіршує, впливає негативно і фізично виснажує, незначним чином покращує, впливає позитивно і змушує мобілізувати себе на виконання роботи;
- Яким чином дистанційне навчання впливає на Ваші ФІЗИЧНІ ЗДІБНОСТІ та здатність до продуктивної праці: зовсім не впливає, незначним чином погіршує, впливає негативно і фізично виснажує, незначним чином покращує, впливає позитивно і змушує мобілізувати себе на виконання роботи;
- У зв'язку з дистанційною формою навчання / роботи як змінився Ваш час перебування за комп'ютером (ноутбуком, планшетом, смартфоном): не змінився, зменшився, збільшився на 1-2 години, збільшився на 2-4 години, збільшився більше ніж на 4 години.

## II. 1 питання, де було можливо декілька відповідей:

Які фактори викликають суттєві зміни у Вашому способі життя?

Варіанти відповідей:

- Зростання екранного часу;
- Зростання сидячої поведінки;
- Зниження тривалості сну;
- Зниження рухової активності;
- Розрив емоційних контактів;
- Високе навчальне навантаження.

Опитування проводилось з 15 січня 2021 року по 22 січня 2021 року, та носило анонімний характер. До опитування було долучено 131 осіб. Усі питання мали функцію обов'язкових для відповіді.

Перейдемо до аналізу отриманих результатів. Найменший вік опитуваних був до 14 років, а найбільший – більше 23 років. (рис.1). З них 56,5% жінки та 43,5% чоловіки.

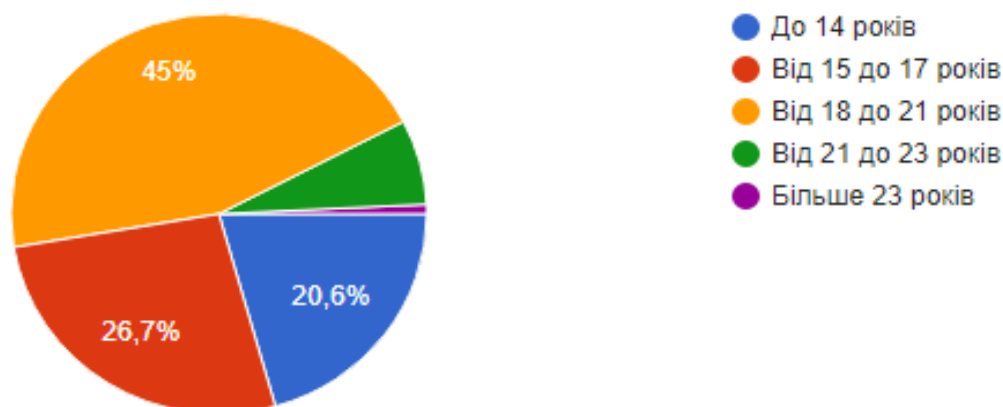


Рисунок 1 – розподіл респондентів за віком

Респондентам відповідно до місця проживання було запропоновано віднести себе до певної категорії. За результатами визначено, що більшість (73,3%) живуть з батьками, лише 11,5% - самостійно. 4% опитуваних живуть з друзями, 5% - з дівчиною або хлопцем та лише 1% - з дружиною чи чоловіком. (рис. 2)

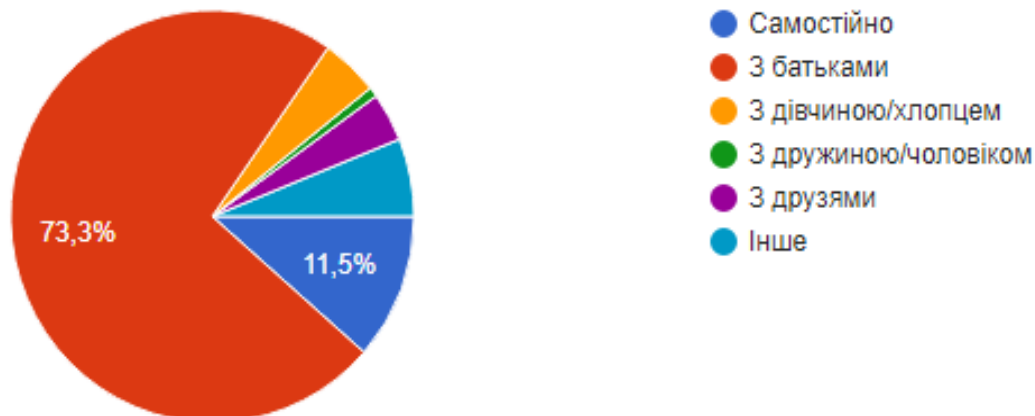


Рисунок 2 – розподіл респондентів за формою проживання

Трохи більше половини (56,5%) респондентів відповіли, що під час карантину займаються спортом, а 43,5% не займаються (рис. 3)

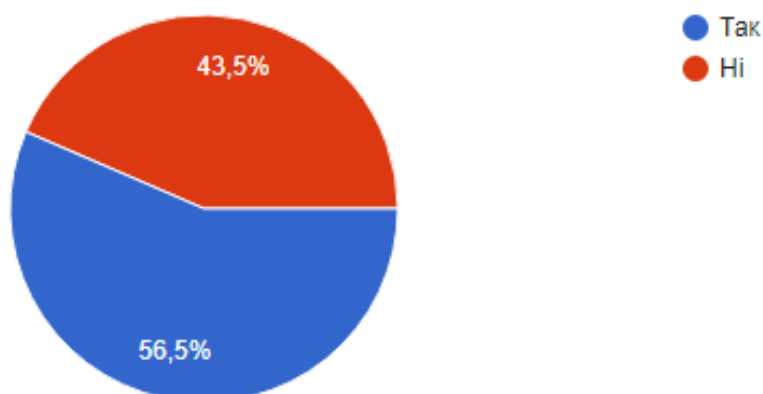


Рисунок 3 – розподіл респондентів за фізичною активністю

Переважає більшість опитуваних вважають, що їх навчальне навантаження досить високе, а 46% влаштовує об'єм матеріалу, який вони вивчають (рис. 4).

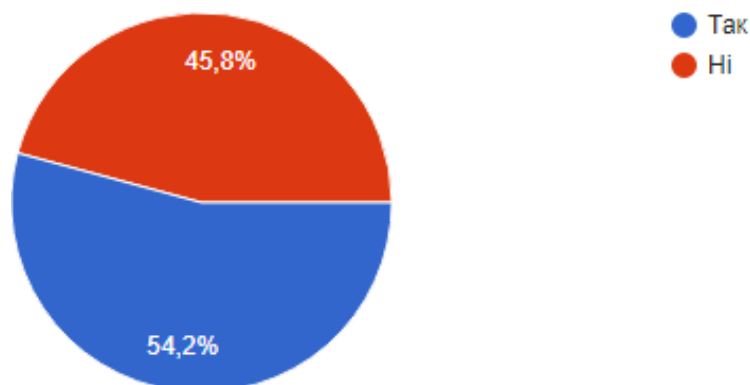
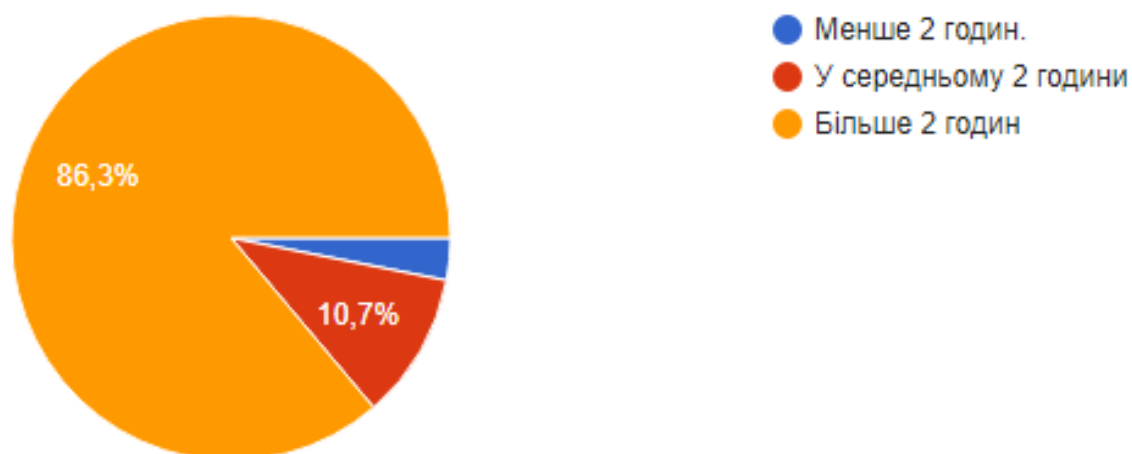


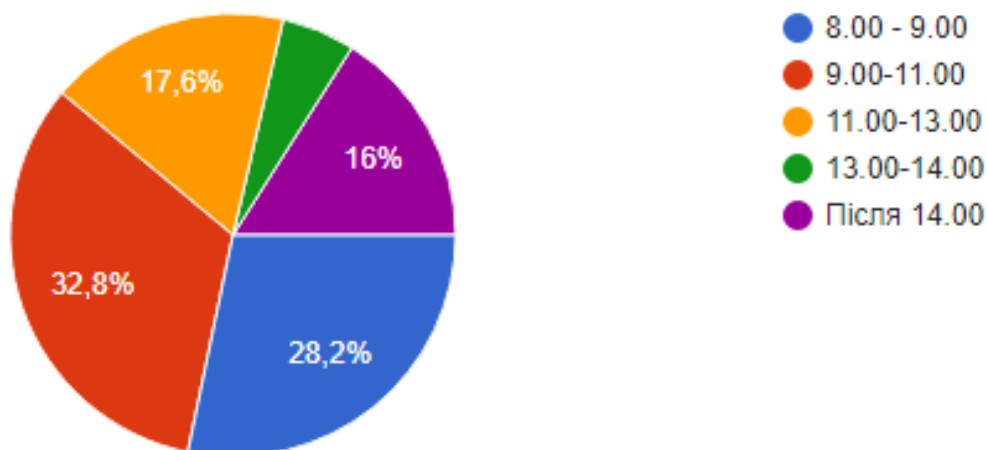
Рисунок 4 – розподіл респондентів за ставленням до навчального навантаження

Щодо часу, проведеного за екраном, то більше 2 годин витрачають 86% опитуваних учнів та студентів, 10,7% - у середньому 2 години, а менше 2 годин – лише 3%. (рис. 5)



*Рисунок 5 – розподіл респондентів за часом, витраченим за екраном під час дистанційного навчання*

Також важливим фактором у дистанційному навчанні є час, коли студенти та учні починають навчатися. За даними опитування 32,8% дітей починають працювати у період між 9.00 та 11.00 годинами ранку; 28,2% - у період з 8.00 до 9.00; 17,6% - у період з 11.00 до 13.00; 16% – після 14.00 та 5,3% у період з 13.00 до 14.00. (рис.6)



*Рисунок 6 – розподіл респондентів за часом, коли вони починають працювати та навчатися*

Для того, щоб зрозуміти, яким чином дистанційне навчання впливає на розумову активність та ментальну готовність до продуктивної праці, опитувані мали відповісти на таке ж саме запитання. Результати такі (рис.7):

- Зовсім не впливає – 22%
- Незначним чином погіршує – 21,4%



- Впливає негативно і фізично виснажує – 29,8%
- Незначним чином покращує – 10,7%
- Впливає позитивно і змушує мобілізувати себе на виконання роботи – 16%

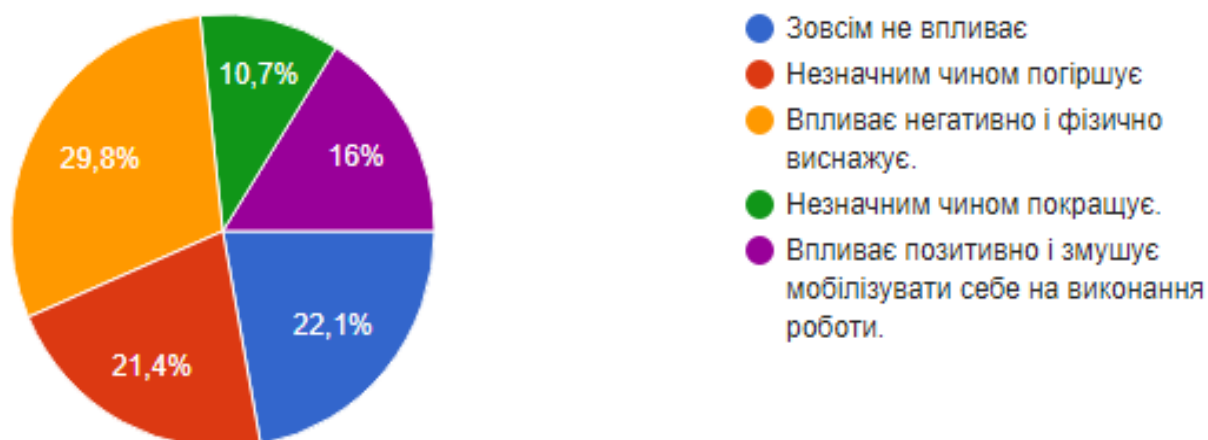


Рисунок 7 – розподіл респондентів за впливом онлайн-навчання на розумову активність ментальну та готовність до продуктивної праці

У зв'язку з дистанційною формою навчання / роботи час перебування за комп'ютером (ноутбуком, планшетом, смартфоном) збільшився на 1-2 години у 24,4% респондентів, збільшився на 2-4 години у 30,5%, збільшився більш ніж на 4 години у 21,4%, у 22,1% не змінився. (рис.8)

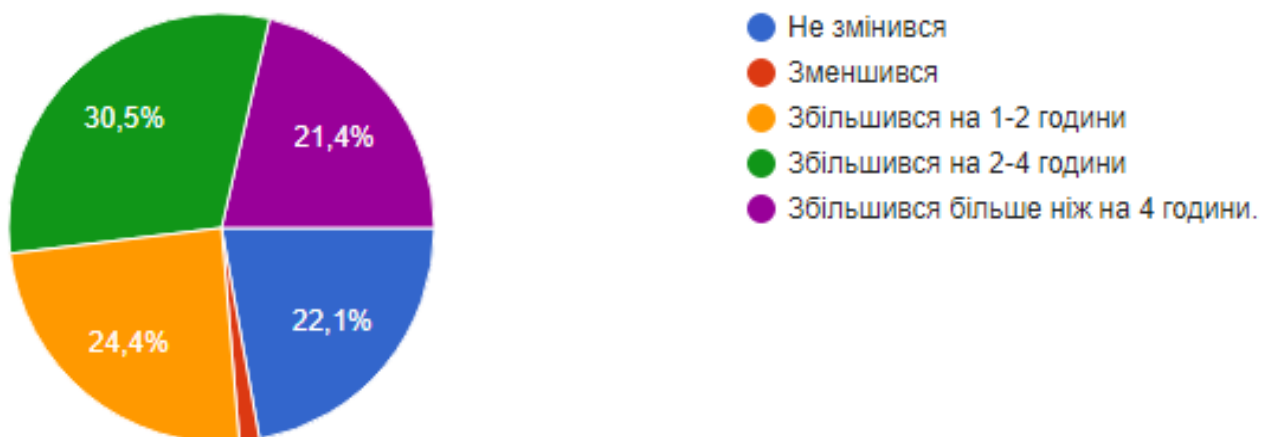


Рисунок 8 – розподіл респондентів за часом, який змінився у зв'язку з початком дистанційного навчання

Щодо факторів, які викликають суттєві зміни у способі життя, то найбільше опитуваних турбує зростання сидячої поведінки, зниження рухової активності та збільшення екранного часу, а найменше турбує розрив емоційних контактів. (рис.9)

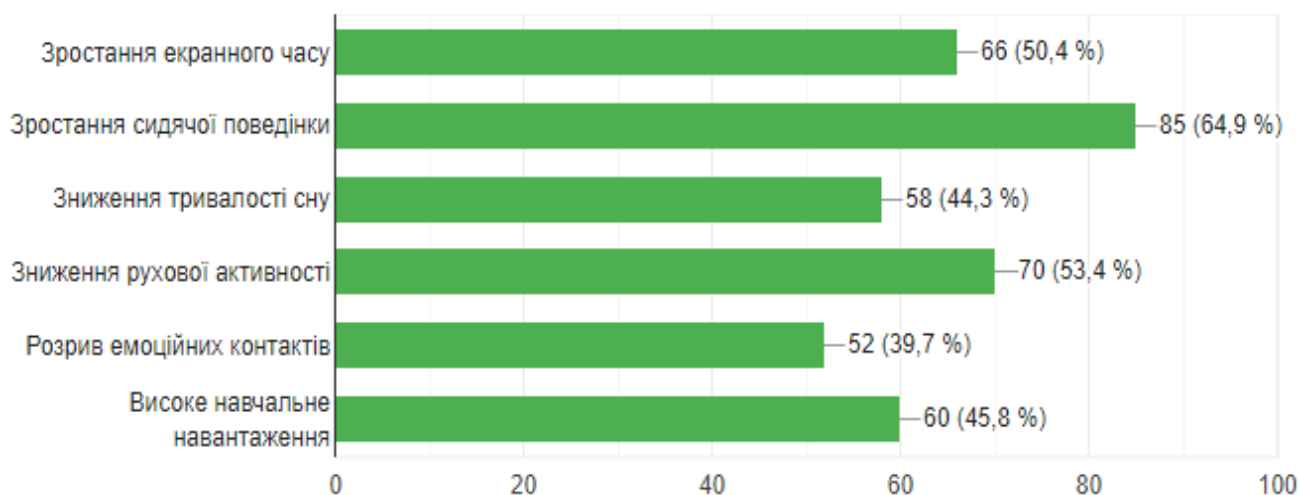


Рисунок 9 – чинники, які викликають суттєві зміни у способі життя під час дистанційного навчання та їх «рейтинг тривоги»

Та, щоб зрозуміти яким чином дистанційне навчання впливає на ФІЗИЧНІ ЗДІБНОСТІ та здатність до продуктивної праці, було задане однойменне питання. Результати такі (рис.10):

- Зовсім не впливає – 28,2%;
- Незначним чином погіршує – 29,8%;
- Впливає негативно і фізично виснажує – 27,5%;
- Незначним чином покращує – 6,9%;
- Впливає позитивно і змушує мобілізувати себе на виконання роботи – 7,6%.

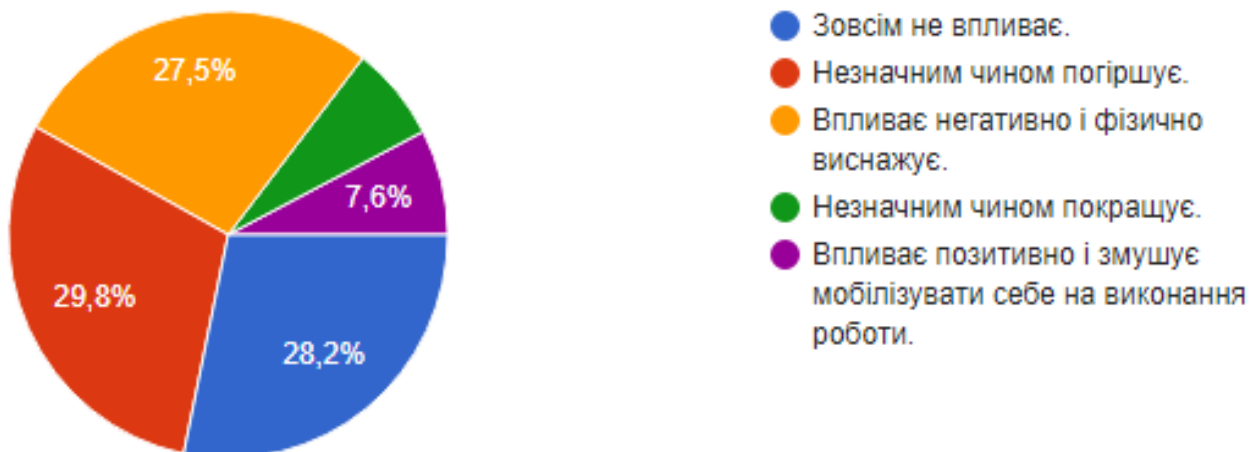


Рисунок 10 – розподіл респондентів за впливом онлайн-навчання на фізичні здібності та здатність продуктивної праці

Виходячи з даних результатів опитування, можна сформулювати такі рекомендації для збереження і зміцнення здоров'я дітей та підлітків:

- Слід спробувати змінити тривалість фізичної активності. Це може бути не лише прогулянки пішки на свідому повітрі – можна урізноманітнити катанням на велосипеді чи на роликах, рухливими іграми,

швидкою ходою на стадіоні, бігом, відвідуванням спортивного залу, силовими вправами, танцями.

- Треба приділити увагу щодо тривалості сну. Для дітей 1-4 класу це – 10 годин на добу, для учнів 5-9 класів – 9 годин, для учнів старших класів та студентів – 8 годин на добу [5].
- Тривалість екранного часу повинна бути зменшена до 2 годин для учнів молодших та середніх класів, та для старших класів і студентів до 3 годин на добу [5].
- Слід звернути увагу на калорії - їх спожита кількість залежить від способу життя. Якщо фізична активність невисока, то для жінок масою 60 кг норма 2100 ккал/день, для чоловіків масою 70 кг – 2700 ккал/день; для дівчат 10-12 років масою 37 кг норма 1800 ккал/день; для хлопчиків 10-12 років масою 38 кг норма 2100 ккал/день [4].
- Тривалість перебування на відкритому повітрі повинна бути не менше 2 годин на день.
- Актуальним є проведення пілотного проекту щодо зміщення у часі початку навчального дня з метою синхронізації біологічних ритмів дітей із соціальними [5].
- Також треба навчитися слідкувати за своїм розкладом та розвивати вміння планувати наперед щоб вчасно виконувати домашнє завдання і не залишати усе на останній день.

### **Висновки**

1. Дистанційне навчання – сукупність інформаційних та комунікаційних технологій, які забезпечують отримання навчального матеріалу учнем.[1] На відміну від «традиційного» навчання, взаємодія із вчителем в он-лайн режимі відбувається інтерактивно, за рахунок чого дистанційне навчання можна назвати інновацією.

2. Завдяки своїй новизні, дистанційне навчання дає можливість учням та студентам проявити себе як індивідуальність. На дистанційному навчанні ти навчаєшся, а не тебе навчають. Але через те, що ти сам за себе можуть з'явитися труднощі пов'язані із самоконтролем.

3. Щодо інформаційних технологій, яких потребує дистанційне навчання – є учні та студенти, котрі їх не мають. Он-лайн навчання, нажаль, не є доступним кожному.

4. Відсутність живого контакту може стати випробуванням для учнів адже працюючи з вчителем один на один інформація сприймається набагато легше.

5. Наявність великого обсягу інформації в Інтернеті викликає труднощі у пошуках потрібної – це займає багато часу, сил і терпіння.

6. Сучасні виклики є причинами ризику порушень здоров'я у дітей, в тому числі психічного. Крім суцільної ізоляції, справжнім випробуванням для здобувачів освіти є високе навчальне навантаження та суттєві зміни способу життя: зростання тривалості екранного часу, сидячої поведінки, зниження тривалості сну та прогулянок, розрив емоційних контактів, зменшення фізичної активності.

7. Аби зберегти і зміцнити своє здоров'я слід збільшити свою фізичну активність, почати слідкувати за своїм харчуванням, намагатися зменшувати тривалість екранного часу, проводити якомога більша часу на свіжому повітрі.

### **Список використаних джерел**

1. Педагогика: традиции и инновации (III): материалы междунар. заоч. науч. конф. / Система образования // Желудкова Л.И., Высочина Т.А. // Дистанционное образование как инновационная форма обучения. – С. 35 – 37.

2. EPIC SKILLS [електронний ресурс] - режим доступу: <https://epixx.ru/blog/online-vs-offline> - Онлайн VS Офлайн: какое обучение выбрать?

3. Комп'ютерна школа HILLEL [електронний ресурс] - режим доступу: <https://blog.ithillel.ua/articles/offline-or-online> - Обучение: Оффлайн или Онлайн?

4. Науково-популярний природничий журнал для дітей «Колосок» (дата випуску – грудень 2015) – С. 26 – 29.

5. ДУ "Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМНУ" [електронний ресурс] – режим доступу: <http://www.health.gov.ua/www.nsf/all/u05-02-88?opendocument> – психічне здоров'я дітей в умовах сучасних викликів.

6. Концептуальная записка: Образование в эпоху COVID-19 и в последующий период/ Август 2020 года// Организация Объединённых Наций.

## ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ МЕДИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПОЛІКЛІНІКИ

*Панасюк О.І.* – студент, *vohigi@gmail.com*

*Плескач В.Л.* - д.т.н., професор, *v\_pleskach@ukr.net*

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

*Виявлено особливості сучасних прикладних медичних інформаційних систем. Розглянуто можливості медичних інформаційних, як основного засобу зберігання медичних даних. Відпрацьовано процес ведення медичного прийому за стандартом ICPC2 для закладів первинної ланки. Досліджено теоретичні основи та спроектовано побудови програмної інформаційної системи для поліклініки та амбулаторії.*

*The peculiarities of modern applied medical information systems are revealed. The possibilities of medical information as the main means of storing medical data are considered. The process of conducting medical admission according to the ICPC2 standard for primary care facilities has been developed. Theoretical bases are investigated and constructions of software information system for polyclinics and outpatient clinics are designed.*

**Вступ.** Розвиток сучасного суспільства відбувається під впливом глобалізації інформаційних процесів. Провідним проявом цих процесів є формування нового інформаційного простору, пов'язаного з появою мережі Інтернет. Формується нова культура в якій ключовими словами є інформація, інформатизація, Інтернет і віртуалізація. Поява нового інформаційного простору посприяла інтеграції інформаційних технологій у більшість соціальних, економічних і бізнес процесів. Загалом одним з основних проявів такої інтеграції є виникнення прикладних інформаційних систем, які покликані спростити життєдіяльність людей. В сучасній державі прикладні інформаційні системи створені майже для всіх сфер суспільного життя.

Охорона здоров'я є однією з найважливіших галузей діяльності держави. В сучасному інформаційному просторі охорона здоров'я є однією з найпоширеніших сфер впровадження провідних інформаційних технологій. В епоху розвинених інформаційних технологій державі необхідно забезпечити лікарів зручним і швидким засобом створення, зберігання і передачі медичної інформації. Для цього було створено медичні інформаційні системи.

**Постановка проблеми.** Прикладні інформаційні системи з'явилися зразу після виникнення персональних комп'ютерів, з того часу роль прикладних інформаційних систем в житті людей постійно збільшується. Медичні інформаційні системи існують вже давно, вони є невід'ємною частиною взаємодії між сучасним пацієнтом і лікарем. Також медичні інформаційні системи забезпечують зручні способи зберігання і обробки медичної інформації та створення звітів. В 2018 році в Україні розпочалась реформа системи охорони здоров'я, одним з основних законів реформи, був закон про обов'язкове подання електронних медичних даних до державної бази даних. На основі цих даних «Національна служба здоров'я України» регулює фінансування медичних закладів. Таким чином якщо раніше медичні інформаційні системи забезпечували лише прискорення і комфорт роботи, то тепер вони є обов'язковою частиною процесу отримання державного фінансування.

Мета дослідження - створення медичної інформаційної системи за допомогою технологій C# 8.0, ASP.Net Core 5.0, HTML, CSS, ReactJS. Завдання дослідження: дослідити теоретичні основи побудови програмної системи «Медична інформаційна система для поліклініки та амбулаторій»; провести аналіз необхідних технічних рішень для зручної побудови системи; спроектувати і реалізувати програмну систему «Медична інформаційна система для поліклініки та амбулаторій».

### **Результати досліджень.**

#### **1. Аналіз розв'язуваної задачі й огляд наявних результатів.**

Системою називають будь-який об'єкт, який одночасно розглядається і як єдине ціле, і як об'єднана в інтересах досягнення поставлених цілей сукупність різнорідних елементів. Системи значно відрізняються між собою як по складу, так і по головним цілям[1, 2, 3].

Поняття системи дуже поширене в галузі інформаційних технологій. Найчастіше системою називають сукупності технічних, програмних і програмно-технічних засобів. Апаратну частину комп'ютера можна назвати системою. Сукупність комп'ютерних програм метою яких є розв'язання конкретних прикладних задач, а також методи і процедури автоматизації документообігу і управління розрахунками. Одним з розповсюджених варіантів використання поняття система є інформаційні системи. Мета розробки і спосіб застосування є зрозумілими з назви. Основним завданням інформаційної системи є забезпечення збору, обробки, зберігання, видачі інформації, яка може бути використана на благо людини.

Інформаційна система - взаємозв'язана сукупність засобів, методів і персоналу, використовуваних для зберігання, обробки та видачі інформації для задоволення потреб користувача.

В сучасних інформаційних системах використовують багато технічних засобів, однак в більшості випадків основним є персональний комп'ютер або сервер з підключеними до нього клієнтськими пристроями такими як: персональні комп'ютери, планшети або смартфони. На великих підприємствах або у крупних організаціях, у складі основного технічного комплексу можуть знаходитись мейнфрейми або суперкомп'ютери, також нещодавно популярним стало використання хмарних сервісів для розгортання і впровадження високонавантажених інформаційних систем. Не слід забувати що в більшості навіть сучасні інформаційні системи не можуть функціонувати без участі персоналу, а також споживачів для яких призначені результати обробки і видачі інформації в системі.

Медична інформаційна система (МІС) — інформаційна система для автоматизації лікувальної установи[1, 3].

МІС класифікують за різними ознаками.

1. Для автоматизації процесів збору і обробки інформації можна виділити автоматизовані і автоматичні медичні інформаційні системи. В автоматизованих системах людина виконує частину операцій по збору й обробці інформації. В автоматичних системах людина не приймає участі у процесах, тобто процеси збору і обробки медичних даних повністю забезпечуються системою.

2. Залежно від типу інформаційної бази, МІС поділяються на системи, що оперують даними, та системи, що оперують знаннями. Системи другого типу - це експертні системи. Їхнє функціонування істотно спирається на знання, отримані від експертів, а результати функціонування близькі результатам аналітичної діяльності експертів.

3. Залежно від виду розв'язуваних задач, МІС можна розділити на такі групи:

- інформаційно-довідкові — системи автоматизованого пошуку, вимірвальні системи;
- інформаційно-логічні — діагностичні системи; системи прогнозу; системи моніторингу;
- керуючі або автоматизовані системи управління.

Інформаційно-логічна система призначена для перетворення інформації таким чином, щоб можна було одержати нову інформацію, відсутню в інформаційному масиві.

У системах управління реалізується принципово нова функція — прийняття керуючих рішень.

Найбільш широке поширення в медичних установах одержали інформаційно-пошукові системи (ІПС), які у залежності від характеру інформації поділяються на фактографічні і документальні системи[3].

Фактографічні ІПС містять інформаційні масиви фактичних даних. Аналогами таких систем виступають «паперові» довідники, каталоги, технічні паспорти. У комп'ютерних ІПС фактичні дані звичайно зберігаються в базах даних (БД) і являють собою таблиці, у колонках яких вказано назви різних характеристик об'єктів, а в рядках дані опису (значення характеристик) цих об'єктів.

Документальні ІПС оперують з інформацією у вигляді документів. Прикладами таких систем можуть бути бібліографічна картотека, картотека з історіями хвороби, інші картотеки. Виконуючи пошук, документальна ІПС надає або номери необхідних документів, або список заголовків, або адреси зберігання шуканих документів. При цьому оцінку інформації, що знаходиться в знайдених документах, робить людина.

Керуючі системи реалізують збір інформації про об'єкт управління, обробку інформації, передачу даних в орган управління, формування керуючого рішення.

МІС або автоматизовані системи медичної документації класифікують на основі принципу ієрархії, які відповідають за це особливій структурі охорони здоров'я, що має кілька рівнів, існують:

- МІС, що мають початковий (базовий) рівень, завданням яких є певна підтримка роботи лікарів різної спеціалізації за допомогою ПК; такі системи можуть поліпшити якість діагностичної та профілактичної роботи, а особливо це стосується умов ведення великого прийому пацієнтів при нестачі часу лікарів. Тут можуть бути системи, призначені для пошуку необхідної інформації і даних медичного призначення за запитом лікуючого лікаря; Можуть бути вирішені такі завдання як:

- системи, які призначені для того, щоб діагностувати різного роду патології, прогнозувати майбутній стан і вказувати рекомендації для лікування;

- системи, призначені для підтримки і автоматизації діагностики та лікувального процесу, які здійснюються при контакті з пацієнтом;

- автоматизовані робочі місця лікарів, для того, щоб повністю автоматизувати весь робочий процес лікуючого лікаря будь-якої спеціалізації та забезпечити підтримку інформацією для прийняття лікарем рішень діагностичного і тактичного характеру.



- МІС, що мають рівень лікувально-профілактичного закладу. Видаються такими типами систем:

- інформаційні технології центрів консультації, призначених для підтримки функцій певних підрозділів і забезпечення інформацією медичного персоналу при консультації ними пацієнтів, прийнятті рішень та діагностуванні;

- сховище інформації мед. служб, які несуть в собі дані про число і якості складу медичного персоналу конкретної установи, населення, яке обслуговується ними, основні дані про статистику, характеристики районів та іншу важливу інформацію;

- спеціалізовані реєстри, які містять дані про певний контингент людей, заснованому на формалізації історії хвороби та медичній карті пацієнта;

- спеціалізовані сервіси, за допомогою яких проводиться огляд в якості профілактики до огляду лікарем і виявлення особливих груп ризику і пацієнтів, яким необхідна допомога лікаря;

- ІС науково-дослідних інститутів і медичних вищих навчальних закладів, які визначаються рішенням такі завдань як: інформатизація процесу технології навчання, науково-дослідних робіт, діяльність управління).

- МІС територіального рівня характеризуються такими пунктами:

- інформаційні системи територіального рівня охорони здоров'я;

- інформаційні системи завдань технологій в галузі медицини, які забезпечують інформаційну підтримку діяльності мед. персоналу і спеціалізованих служб;

- телекомунікаційні мережі медичного призначення, які створюють єдиний інформаційний простір в регіоні.

- рівень держави, які призначається для забезпечення інформаційної підтримки охорони здоров'я на рівні держави.

Сучасні медичні інформаційні системи піддаються взаємодії з неймовірно великою кількістю всіляких даних. Від ефективності використання цих даних лікарями, їх керівниками, керуючими підрозділами залежить якість послуг, що надаються в сфері охорони здоров'я. Необхідність використання потоку даних дуже великих масштабів, які постійно збільшуються через такі фактори як діагностика, статистика, управлінські рішення, терапія і так далі, на сьогоднішній день підтверджує необхідність створення автоматизованих інформаційних систем в медичних установах.

Деякий час назад система вітчизняної охорони здоров'я не мала практично ніяких яскравих ознак автоматизації. Такий документообіг як: медичні амбулаторні карти, виписки, аналізи, висновки, звіти, облік пацієнтів та інше виконувався повністю вручну самими співробітниками медичних установ на папері. У свою чергу це сильно уповільнювало процес обслуговування пацієнтів, відбувалися помилки, витрачалась велика кількість часу на заповнення медичних карт і складання звітів, що в сукупності сильно впливало на якість охорони здоров'я в цілому. Все це ускладнювало роботу контролюючих органів. Крім того, ефективність використання медичних інформаційних систем в найближчому майбутньому буде обумовлена здоров'ям населення країни.

Беручи до уваги цей факт, велика кількість лікувально-профілактичних установ активно застосовують у своїй діяльності комплексні медичні інформаційні системи (рис. 1). Вони є спеціальним продуктом, який може дозволити здійснювати управлінську діяльність медичного закладу на абсолютно іншому, більш високому рівні. Перевагою комплексних медичних інформаційних систем є поєднання найважливіших функцій. Так для багатьох закладів недостатньо системи яка може виконувати лише обмежене коло завдань. В сучасних реаліях медичному закладу водночас потрібно автоматично формувати звітність для подання в державні установи, проводити операційні процеси в автоматичному режимі, зберігати медичні дані про свої пацієнтів. Таким чином комплексні системи надають більшу гнучкість у використанні.



*Рисунок 1 - основні функції медичної інформаційної системи*

Відмінною рисою медичних інформаційних систем можна назвати перехід від локальної роботи з медичною інформацією до комплексної

системи, в якій, вся необхідна інформація, що проходить через медичну установу, може бути доступна з єдиного інформаційного середовища. Крім того, з'являється реалізація технології, при якій немає ніякої необхідності використовувати ресурс паперу, але можливість отримання, при необхідності, паперового варіанту також зберігається. Якість надаваних лікарями послуг стає помітно вище при використанні сучасних технологій МІС. Також зростають показники оптимізації управління різними медичними відділеннями в установі [1,7].

Настав час, коли на заміну паперових документів лікувально-профілактичних установ приходять сучасні інформаційні технології, які спрямовані на здійснення внутрішніх функцій і рішення управлінських завдань в галузі медицини. процес інформатизації охорони здоров'я швидко набирає обертів, також збільшується кількість масштабних проектів.

В 2018 році в Україні почав діяти законопроект про реформу системи охорони здоров'я в Україні. Основною метою реформи є забезпечення всім громадянам України рівного доступу до якісних медичних послуг та перебудови систему охорони здоров'я так, щоб у її центрі був пацієнт.

В рамках впровадження реформи було створено «Національну службу здоров'я України» (НСЗУ) (рис.2). Згідно з Законом, її основними функціями є:

- впровадження державної політики у галузі державних фінансових гарантій медичного обслуговування населення за програмою медичних гарантій;
- моніторинг, аналіз і прогнозування потреб населення України у медичних послугах та ліках;
- виконання функцій замовника медичних послуг та лікарських засобів за програмою медичних гарантій;
- розроблення проекту програми медичних гарантій, внесення пропозицій щодо тарифів;
- укладення, зміна та припинення договорів про медичне обслуговування населення та договорів про реімбурсацію;
- перевірка дотримання надавачами медичних послуг вимог, встановлених порядком використання коштів програми медичних гарантій і договорами про медичне обслуговування населення;
- забезпечення функціонування eHealth — системи охорони здоров'я.

Електронна система охорони здоров'я eHealth — інформаційно-телекомунікаційна система, що забезпечує автоматизацію ведення обліку медичних послуг та управління медичною інформацією в електронному

вигляді, до складу якої входять центральна база даних та електронні медичні інформаційні системи, між якими забезпечено автоматичний обмін даними через відкритий програмний інтерфейс (API).

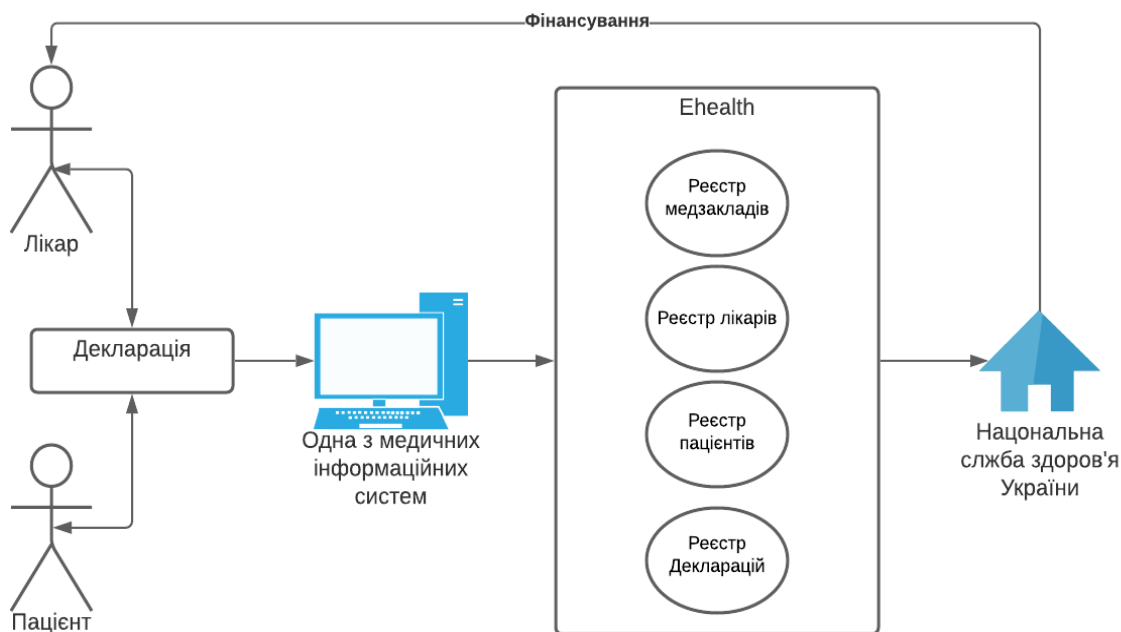


Рисунок 2 – реформа первинної ланки системи охорони здоров'я

Після створення державного центрального компоненту eHealth з'явилося багато медичних інформаційних систем. На даний момент більше 20.

З найбільш популярних і досконалих слід зазначити:

- Helsi
- Doctor Eleks
- Emcimed
- ПБЧ
- MedStar
- Medics

Система **Helsi** — медична інформаційна система, що є однією з найбільших в Україні та покриває велику долю ринку. В переліку партнерів компанії Helsi знаходяться лікарі, пацієнти, медичні заклади з усієї України, фармацевтичні компанії та страхові компанії.

За офіційними даними Національної служби здоров'я України через систему Helsi укладено 15,6 мільйона декларацій між лікарями та пацієнтами, що становить приблизно 44% всього обсягу укладених декларацій.

За даними самої компанії: через систему HELSI кожного місяця записується до лікаря більше ніж 2 мільйони користувачів. Продуктом користується більш ніж 16 тисяч лікарів по всій Україні. Система працює в більш ніж 1400 медичних закладах. З HELSI співпрацюють більше 530 аптечних мереж, які за період співпраці погасили більше 6 мільйонів рецептів.

Система HELSI розроблена у форматі веб-застосунку. Веб застосунок складається з трьох частин: [helsi.me](https://helsi.me); [helsi.pro](https://helsi.pro); [reform.helsi.me](https://reform.helsi.me)

[helsi.me](https://helsi.me) – це частина системи призначена для пацієнтів. Вона знаходиться у відкритому доступі (рис.3). Основними функціями порталу [helsi.me](https://helsi.me) є перегляд каталогу лікарів, перегляд каталогу медичних установ, можливість попереднього заповнення декларації, яке дає змогу ввести всю необхідну для заключення інформацію на сайті і лише прийти до лікаря щоб підтвердити особу і отримати паперовий екземпляр, також для зареєстрованих користувачів доступна можливість запису на прийом до лікаря з зручним процесом вибору часу. Для користувачів у яких укладена декларація з сімейним лікарем в особистому кабінеті доступна інформація про історію їх візитів і взаємодій з лікарем, також вони можуть переглянути виписані їм направлення і в якому закладі ці направлення проходять обробку і погашення. Не менш важливим є доступ до результатів діагностичних досліджень і процедур.

У комунальних закладів є доступ до програми доступні ліки, тому пацієнти можуть отримувати безкоштовні ліки за унікальними ідентифікованими рецептами які доступні їм особистому кабінет.

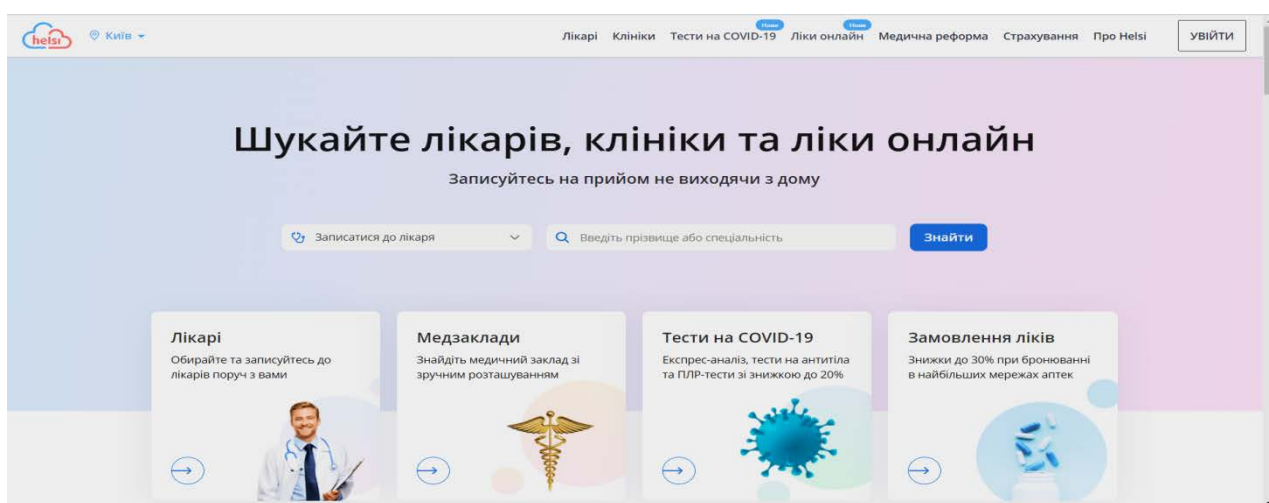


Рисунок 3 – головна сторінка [helsi.me](https://helsi.me)

Каталог лікарів є дуже гнучким, в ньому є маса фільтрів для вибору потрібного пацієнту лікаря за типами установи де працює лікар, можливістю онлайн прийому, географічним районом міста, а також не менш важливою є можливість фільтрація за вартістю прийому (рис. 4).

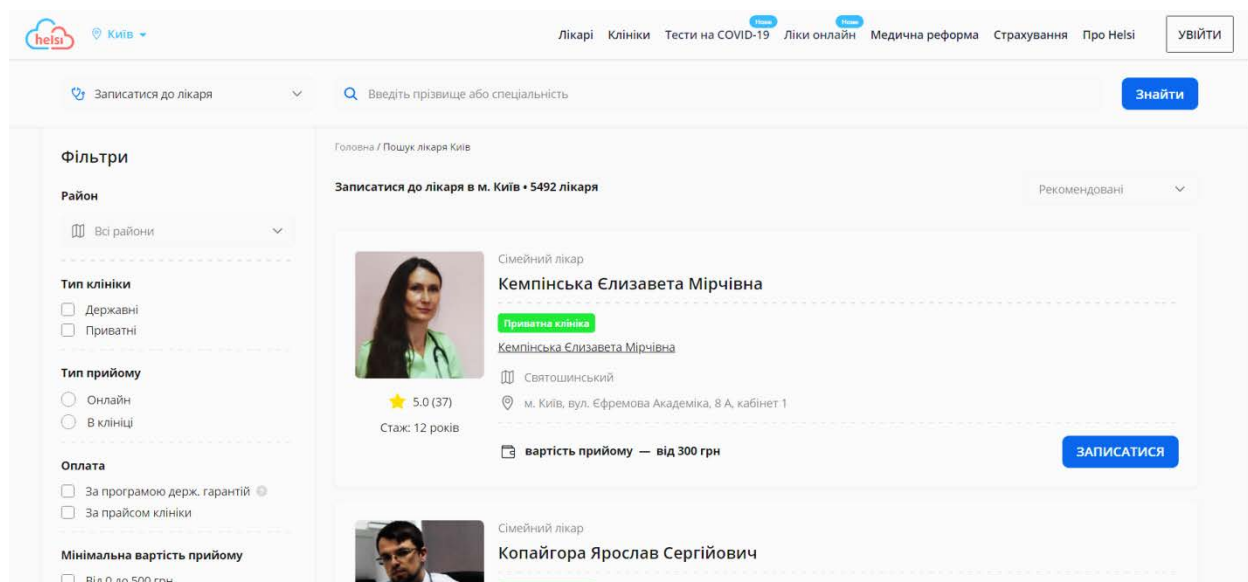


Рисунок 4 – каталог лікарів *helsi.me*

*helsi.pro* – це частина системи призначена для лікарів і персоналу медичного закладу. Вона є закритою, тобто доступ через інтернет є можливим, лише для виділених ір-адрес медичних установ які уклали договір з компанією. Основними функціями системи *helsi.pro* є адміністрування медичного закладу, наприклад створення підрозділів, реєстрація і налаштування профілів лікарів, отримання звітності. Також це основна платформа для ведення прийому лікарем. Доступне ведення прийому в форматі eHealth, з кодуванням діагнозів через систему ICP2 або МКХ-11.

*reform.helsi.me* – це частина системи призначена для адміністрації мед закладу. Через цю систему здійснюється інтеграція закладів з центральним компонентом eHealth, а саме реєстрація мед. установи, реєстрація підрозділів мед. установи та укладення договору з Національною службою здоров'я України (рис. 5).

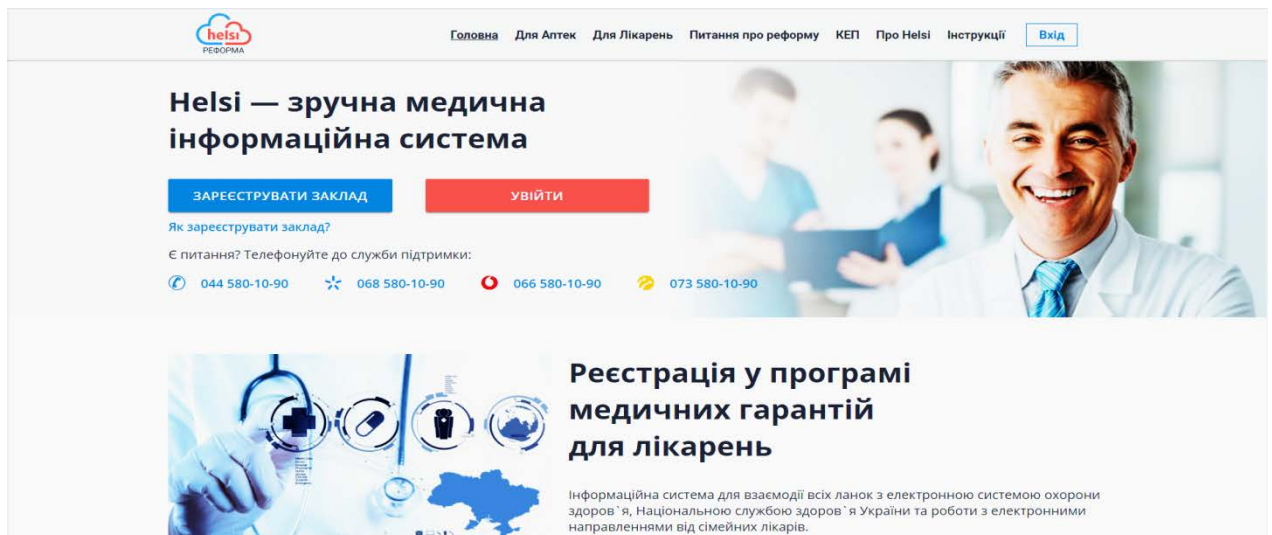


Рисунок 5 – головна сторінка [reform.helsi.me](http://reform.helsi.me)

Основними недоліками системи Helsi є:

- Низька швидкість роботи підсистеми [helsi.pro](http://helsi.pro).
- Не зрозумілий інтерфейс для лікарів які не мали досвіду роботи з медичними інформаційними системами
- Занадто громіздка для малих установ і ФОПів
- Інтерфейс у трьох підсистемах різний, тому перехід з [reform.helsi.me](http://reform.helsi.me) на [helsi.pro](http://helsi.pro) викликає у лікарів труднощі.

**Doctor Eleks** - це друга по розповсюдженості медична інформаційна система. Вона з'явилась ще у 2006 році і є однією з перших великих медичних інформаційних систем на території України (рис. 6). Основними функційними модулями системи Doctor Eleks є:

- Електронна медична картка для централізованого збереження інформації про пацієнта
- Розклад для ефективного планування та управління потоком пацієнтів
- Звіти та фінанси для оперативного доступу до аналітичних та статистичних даних
- Інтеграція з діагностичним обладнанням для легкого зберігання та швидкої обробки медичних зображень та відео
- Лабораторія для автоматизації збору, обробки та аналізу отриманих даних
- Послуги та їх оплата для безпечного управління грошовими потоками та контролю фінансів



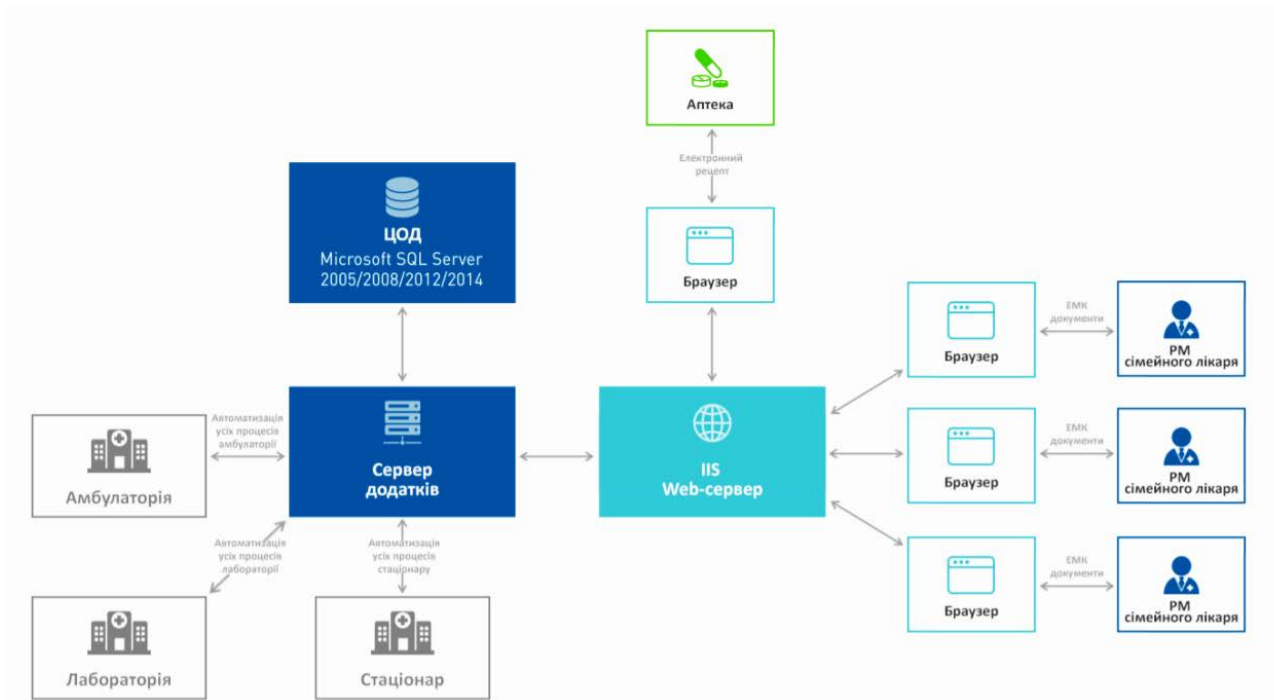


Рисунок 6 – архітектура системи Doctor Eleks

Основними недоліками системи Doctor Eleks є:

- Основний модуль системи для автоматизація робочого місця лікаря розповсюджується у форматі десктопного застосунку під операційну систему Windows, що робить неможливим його використання на інших платформах
- Десктопний застосунок має застарілий дизайн, незвичний і не зрозумілий для пересічного користувача
- Вартість впровадження системи є досить високою 400 доларів США на одне робоче місце на два роки без урахування витрат на устаткування, сервери та технічну підтримку.

Основним функціоналом медичних інформаційних систем є:

- укладення декларацій між лікарем і пацієнтом
- виписка і погашення рецептів на лікарські засоби включені до програми «доступні ліки»
- проведення прийомів за стандартами ІСРС2 та МКХ-10
- виписка і погашення направлень у стаціонар

Всі перераховані вище медичні інформаційні системи реалізовано у форматі веб-застосунку. Вартість використання варіюється від 50 до 400 гривень за робоче місце.



Зробивши висновки з проведеного аналізу наявних медичних інформаційних систем, їх переваг та недоліків, а також враховуючи існуючі вимоги НСЗУ можна зробити наступні висновки:

- всі системи розповсюджуються на платній основі;
- не мають модульної архітектури і тому не можуть бути налаштовані під вимоги конкретного закладу;
- через громіздкість не можуть швидко реагувати на нові вимоги НСЗУ і eHealth.

Основною задачею роботи є розробка веб-застосунку, що матиме функціональний модуль для проведення лікарських прийомів за стандартом ICPC2 для медичних закладів первинної ланки. Для забезпечення функціоналу буде додано можливість реєстрації користувачів різних ролей, створення медичного закладу, збір статистичних даних по прийомах, запис на прийом пацієнтів і ведення прийому. Для виконання поставленої задачі необхідно вирішити наступні задачі:

- проаналізувати програмно-технічні рішення конкурентів;
- визначити недоліки в реалізації функціоналу у конкурентів та усунути їх у кваліфікаційній роботі;
- створити діаграму роботи з готовим функціоналом веб-застосунку;
- розробити архітектуру застосунку з розділенням на front-end та back-end для простішого подальшого додавання і зміни функціоналу;
- знайти актуальний довідник кодів ICPC2
- спроектувати базу даних
- розробити back-end у форматі REST Api
- створити простий і зрозумілий дизайн;
- розробити front-end за допомогою ReactJS
- створити responsive-design для забезпечення можливості роботи з екранами різної роздільної здатності і різними пристроями;
- перевірити наявність всього функціоналу у веб-застосунку;
- виконати тестування як back-end частини, так і front-end частини веб-застосунку кваліфікаційної роботи.

## **2. Проектні і технічні рішення. Види забезпечення.**

Щоб реалізувати функціональну частину автоматизованої інформаційної системи потрібно мати відповідні ресурси, створені забезпечувальною частиною. До складу забезпечувальної частини АІС входять окремі забезпечувальні підсистеми, об'єднуючи певний вид ресурсів та умови їх організації. Набір ресурсів, необхідних для

функціонування АІС, абсолютно типовий, тому вони є практично однаковими для різних АІС

ІЗ (інформаційне забезпечення) - це сукупність методів і засобів створення єдиного інформаційного фонду, систематизація та уніфікація показників і документів, розробка засобів формалізованого опису даних. Інформаційне забезпечення є найважливішим елементом автоматизованої інформаційної системи, що наповнює управлінські задачі конкретним змістом. Від якості розробленого інформаційного забезпечення значною мірою залежить достовірність і ефективність прийнятих управлінських рішень.

ТЗ (технічне забезпечення) - сукупність технічних засобів, що забезпечують функціонування автоматизованої інформаційної системи, і містить пристрої, за допомогою яких виконуються типові операції опрацювання даних. При цьому, опрацювання даних може здійснюватися як поза ЕОМ (периферійні технічні засоби збору, реєстрації, первинного опрацювання інформації, засоби телекомунікації і зв'язку), так і на ЕОМ різних класів. Технічне забезпечення є одним із найважливіших компонентів забезпечувальної частини, які створюють ресурси АІС. Від прогресивності застосовуваних технічних засобів значною мірою залежить рівень автоматизації функцій керування.

Технічні засоби можна поділити на п'ять груп:

1. Засоби збору та реєстрації інформації: пристрої підготовки даних, засоби збору інформації. Ці засоби призначені для приведення інформації у зручний для дистанційної передачі і подальшої обробки вигляд

2. Засоби передачі інформації. Ця група засобів призначена для передачі інформації у просторі. Це ті ж самі пристрої, що перераховані вище, за наявності інтернет з'єднання

3. Засоби зберігання інформації. При наявності інтернет з'єднання більшість даних переноситься на віддалений сервер, щоб не було можливості перевантаження слабких пристроїв. При відсутності з'єднання інформація зберігається на пристрої до появи інтернету.

4. Засоби обробки інформації (засоби обчислювальної техніки з відповідним програмним забезпеченням) складають основу комплексу технічних засобів. Вони призначені для перетворення вихідних даних у результативну інформацію, необхідну для прийняття управлінських рішень. Головні характеристики даної групи - швидкодія й обсяг пам'яті. Виділяють: універсальні - для багатьох користувачів і персональні; спеціалізовані - сервери та робочі станції.

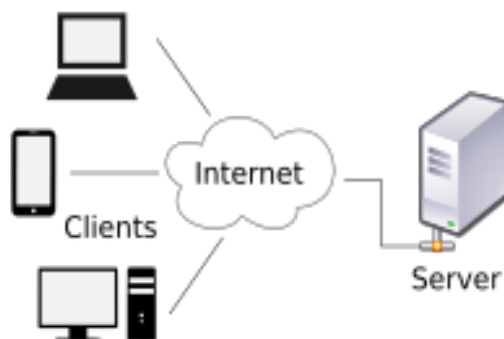
5. Засоби видачі інформації: принтери, монітори - призначені для перетворення інформації у вигляд, зручний для сприйняття користувачем.

ПЗ (програмне забезпечення) - це сукупність програм для ефективної організації обчислювального процесу в автоматизованих інформаційних системах керування.

СПЗ (системне програмне забезпечення) - це сукупність програм, які управляють процесом обробки інформації в обчислювальних системах і забезпечують робоче середовище для функціонування прикладних програм. Базові програмні засоби служать для автоматизації взаємодії людини і комп'ютера, організації типових процедур опрацювання даних, контролю і діагностики функціонування технічних засобів системи опрацювання даних. До їх складу входять: операційні системи, сервісні програми (оболонки, утиліти, антивірусні засоби), програми технічного обслуговування.

Проаналізувавши вимоги до медичної інформаційної системи, а також наявне у лікарів і пацієнтів ТЗ можна стверджувати що найбільш зручною платформою буде веб-застосунок.

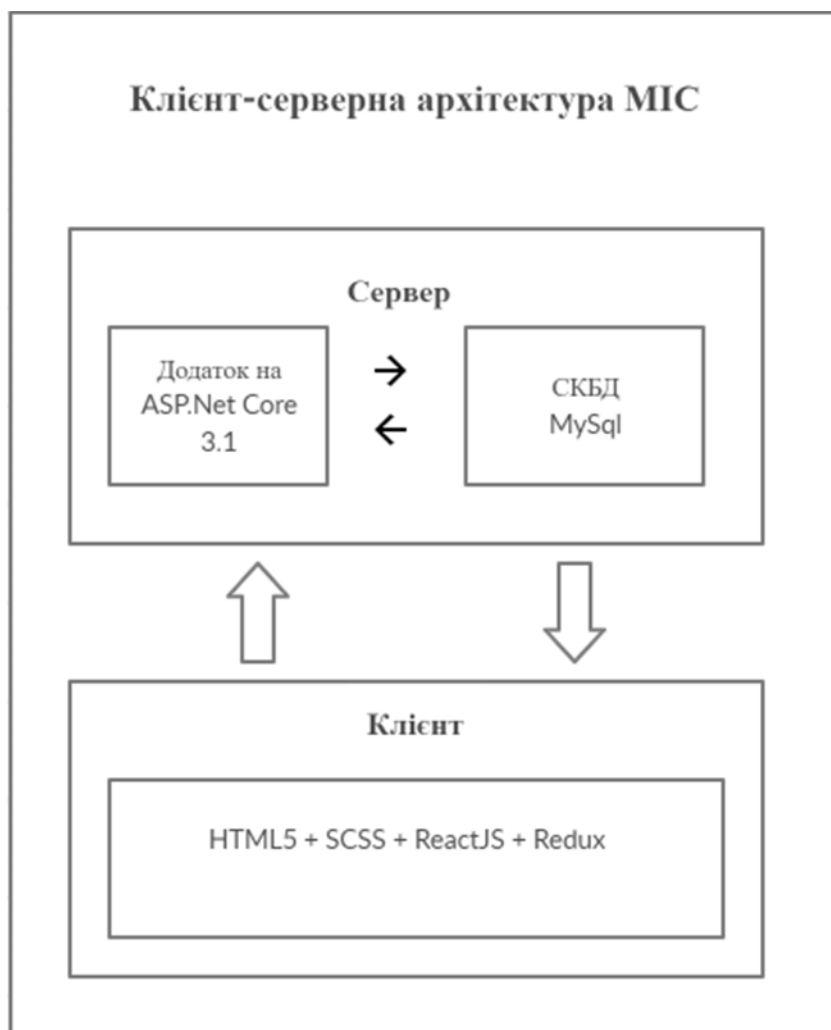
Архітектурою веб-застосунку обрано клієнт-серверну архітектуру (рис. 7).



*Рисунок 7 - схема роботи клієнт-серверної архітектури.*

Модель клієнт-сервер - це розподілена структура додатків, яка розділяє завдання або робочі навантаження між постачальниками ресурсу або послуги, що називаються серверами, і запитувачами послуг, що називаються клієнтами. Часто клієнти та сервери спілкуються через комп'ютерну мережу на окремому апаратному забезпеченні, але і клієнт, і сервер можуть знаходитись в одній системі. Хост сервера запускає одну або декілька серверних програм, які діляться своїми ресурсами з клієнтами. Клієнт не ділиться жодним із своїх ресурсів, але він вимагає

інформацію від сервера. Таким чином, клієнти ініціюють сеанси зв'язку із серверами, які очікують на вхідні запити [1] (рис.8).



*Рисунок 8 - схема роботи клієнт-серверної архітектури у медичній інформаційній системі*

В якості серверної частини виступає бекенд з архітектурою REST API. REST розшифровується як Representational State Transfer, а API - Application Program Interface(програмний інтерфейс додатку). REST - це програмний архітектурний стиль, який визначає набір правил, які будуть використовуватися для створення веб-служб. Веб-сервіси, що відповідають архітектурному стилю REST, відомі як RESTful веб-сервіси. Це дозволяє запитувати системи доступу та керувати веб-ресурсами, використовуючи єдиний і заздалегідь визначений набір правил. Взаємодія в системах на базі REST відбувається через протокол передачі гіпертексту в Інтернеті (HTTP).

Система REST складається з:

- клієнт, який запитує ресурси.
- сервер, який має ресурси.
- Важливо створити API REST відповідно до галузевих стандартів, що призводить до полегшення розробки та збільшення кількості клієнтів.

Архітектурні обмеження API RESTful, які обов'язкові для будь-якої веб-служби перераховані нижче:

- Модель клієнт-сервер
- Відсутність стану
- Кешування
- Одноманітність інтерфейсу - Наявність уніфікованого інтерфейсу є фундаментальною вимогою дизайну REST-сервісів. Уніфіковані інтерфейси дозволяють кожному з сервісів розвиватися незалежно.

До уніфікованим інтерфейсів пред'являються наступні чотири обмежувальних умови:

1. Ідентифікація ресурсів - всі ресурси ідентифікуються в запитах, наприклад, з використанням URI в інтернет-системах. Ресурси концептуально відокремлені від уявлень, які повертаються клієнтам. Наприклад, сервер може надсилати дані з бази даних у вигляді HTML, XML або JSON, жоден з яких не є типом зберігання всередині сервера.

2. Маніпуляція ресурсами через представлення - якщо клієнт зберігає уявлення ресурсу, включаючи метадані - він володіє достатньою інформацією для модифікації або видалення ресурсу.

3. «Самодостатні» повідомлення - кожне повідомлення містить достатньо інформації, щоб зрозуміти, яким чином його обробляти. Наприклад, обробник повідомлення (parser), необхідний для отримання даних, може бути зазначений у списку MIME-типів.

4. Гіпермедіа як засіб зміни стану програми (HATEOAS) - клієнти змінюють стан системи тільки через дії, які динамічно визначені в гіпермедіа на сервері (наприклад, гіперпосилання в гіпертексті). Виключаючи прості точки входу в додаток, клієнт не може припустити, що доступна якась операція над якимось ресурсом, якщо не отримав інформацію про це в попередніх запитах до сервера.

- Багатошарова система - Клієнт зазвичай не здатний точно визначити, взаємодіє він безпосередньо з сервером або ж з проміжним вузлом, в зв'язку з ієрархічною структурою мереж (маючи на увазі, що така структура утворює шари). Застосування проміжних серверів здатне

підвищити масштабованість за рахунок балансування навантаження і розподіленого кешування. Проміжні вузли також можуть підкорятися політиці безпеки з метою забезпечення конфіденційності інформації.

- Код на вимогу - REST може дозволити розширити функціональність клієнта за рахунок завантаження коду з сервера у вигляді аплетів або сценаріїв. Філдінг стверджує, що додаткове обмеження дозволяє спроектувати архітектуру, підтримуючу бажану функціональність в загальному випадку, але, можливо, за винятком деяких контекстів

Єдиним необов'язковим обмеженням архітектури REST є код на вимогу. Якщо додаток порушує будь-які інші обмеження, його не можна чітко називати RESTful.

Для створення клієнтської частини було обрано архітектуру односторінковий додаток (single-page application, SPA).

Односторінковий додаток (SPA) - це веб-додаток або веб-сайт, який взаємодіє з веб-браузером, динамічно переписуючи поточну веб-сторінку новими даними з веб-сервера, замість стандартного способу, тобто завантаження цілих нових сторінок. Мета - швидші переходи, які дозволяють веб-сайту відчувати себе як рідний додаток.

У SPA всі необхідні HTML, JavaScript та CSS-код отримують браузер із завантаженням однієї сторінки, або відповідні ресурси динамічно завантажуються та додаються на сторінку за необхідності, як правило, у відповідь на дії користувача. Сторінка не завантажується в будь-який момент процесу, а також не передає керування на іншу сторінку, хоча хеш місцеположення або API історії HTML5 можна використовувати для забезпечення сприйняття та навігації окремих логічних сторінок у програмі.

SPA повністю завантажується при початковому завантаженні сторінки, а потім частини сторінок замінюються або оновлюються новими фрагментами сторінок, завантаженими з сервера на вимогу. Щоб уникнути зайвого завантаження невикористаних функцій, SPA часто поступово завантажуватиме більше функцій, коли вони стануть необхідними, або невеликі фрагменти сторінки, або повно-екранні модулі. Таким чином існує аналогія між "станами" в SPA та "сторінками" на традиційному веб-сайті. Оскільки "навігація за станом" на одній сторінці аналогічна навігації по сторінках, теоретично будь-який веб-сайт на основі сторінки може бути перетворений на односторінковий, замінивши на одній сторінці лише змінені частини.

Для реалізації серверного застосунку з RESTful архітектурою було обрано мову **C# 8.0** і фреймворк **ASP.Net Core 5.0**. У якості бази даних обрано СУБД MySQL.

C# - об'єктно-орієнтована мова програмування. C# відноситься до сім'ї мов з C-подібним синтаксисом, з них його синтаксис найбільш близький до C++ і Java. Мова має статичну типізацію, підтримує поліморфізм, перевантаження операторів (в тому числі операторів явного і неявного приведення типу), делегати, атрибути, події, властивості, узагальнені типи і методи, ітератори, анонімні функції з підтримкою замикань, LINQ, виключення, коментарі у форматі XML [4].

ASP.NET Core - вільно розповсюджений крос-платформенний фреймворк для створення веб-додатків з відкритим вихідним кодом. Дана платформа розроблена компанією Майкрософт і має більшу швидкодію порівняно з ASP.NET. Має модульну структуру та сумісний з такими операційними системами як Windows, Linux та macOS.

Не зважаючи на те, що це новий фреймворк, побудований на новому веб-стеці, він має високу сумісність з концепціями з ASP.NET. Додатки ASP.NET Core підтримують паралельне управління версіями, в яких є різні програми, які працюють на одночасних комп'ютерах, і можуть орієнтуватися на різні версії ASP.NET Core. Це було неможливо в попередній версії ASP.NET.

У якості СУБД було обрано **MySQL**, його було порівняно з **MongoDB**.

MySQL – вільна система управління базами даних, яка є власністю компанії Sun Microsystems. СКБД розповсюджується по ліцензії GNU General Public License та під власною комерційною ліцензією. За умовами GPL, якщо якась програма вміщує вихідні коди MySQL, то вона також повинна розповсюджуватися за ліцензією GPL. Останнє може не відповідати планам розробників, які не бажають відкривати вихідні коди своїх програм. Для таких випадків передбачена комерційна ліцензія, яка, крім того, забезпечує якісну сервісну підтримку. Крім того компанія розробляє різноманітну функціональність на замовлення ліцензійних користувачів. Завдяки одній із таких розробок ще в самих перших версіях з'явився механізм реплікації.

MySQL переважно використовується для нескладних інформаційних систем. У більшості випадків MySQL використовується як сервер, до якого звертаються локальні та віддалені клієнти, хоча до дистрибутиву також входить бібліотека внутрішнього сервера, яка дозволяє включати MySQL в автономні програми. MySQL підтримує багато типів таблиць, вона є

мультиплатформенною СУБД. Завдяки широким можливостям, а також великій швидкодії MySQL часто використовується в якості СУБД, що забезпечує роботу динамічного Web-сайту в мережі Інтернет.

Порівняння реляційних і не реляційних баз даних.

### *Мова*

Уявіть собі місто - нехай він називається Місто А, де всі говорять на одній мові. Всі справи ведуться на ньому, він використовується в будь-якій формі комунікації - в цілому це єдиний засіб взаємодії і взаєморозуміння для мешканців міста. Зміна мови в кожній із сфер діяльності зіб'є всіх з пантелику.

Тепер уявіть Місто Б, де всі мешканці розмовляють різними мовами. Вони абсолютно по-різному взаємодіють з навколишнім світом, і для них не існує «універсального» кошти спілкування[7, 8].

Ці два приклади наочно демонструють відмінності між реляційними та нереляційними базами даних, і за цими відмінностями ховаються ключові особливості обох СУБД.

- Реляційні бази даних використовують структурований мову запитів (Structured Query Language, SQL) для визначення і обробки даних. З одного боку, це відкриває великі можливості для розробки: SQL один з найбільш гнучких і поширених мов запитів, так що його вибір дозволяє мінімізувати ряд ризиків, і буде особливо до речі, якщо має бути робота з комплексними запитами. З іншого боку, в SQL є ряд обмежень. Побудова запитів на цій мові зобов'язує визначати структуру даних і, як у випадку з Містом А, подальша зміна структури даних може бути згубним для всієї системи. Нереляційні бази даних, в свою чергу, пропонують динамічну структуру даних, які можуть зберігатися кількома способами: орієнтовано по колонках, документо-орієнтовано, в вигляді графів або на основі пар «ключ-значення». Така гнучкість означає наступне:

- Ви можете створювати документи, не ставлячи їх структуру заздалегідь;
- Кожен документ може мати власну структуру;
- У кожній базі даних може бути власний синтаксис;
- Ви можете додавати поля прямо під час роботи з даними.

### *Масштабованість*

У більшості випадків SQL бази даних вертикально масштабовані, тобто ви можете збільшувати навантаження на окремо взятий сервер, нарощуючи потужність центральних процесорів, обсяги ОЗУ або системи зберігання даних. А NoSQL бази даних горизонтально масштабованих. Це означає, що ви можете збільшувати трафік, розподіляючи його або



додаючи більше серверів до вашої СУБД. Все одно, що додавати більше поверхів до вашого будинку, або додавати більше будівель на вулицю. У другому випадку, система може стати куди більші і потужніші, роблячи вибір NoSQL бази даних віддається перевага для великих або постійно мінливих структур даних.

### Структура

У реляційних СУБД дані представлені у вигляді таблиць, в той час як в нереляційних - у вигляді документів, пар «ключ-значення», графів або wide-column сховищ. Це робить SQL бази даних кращим вибором для додатків, які передбачають транзакції з декількома записами - як, наприклад, система облікових записів - або для застарілих систем, які були побудовані для реляційних структур.

З діаграми на рис. 9 видно, що не реляційні бази даних, на прикладі MongoDB, значно повільніші при оновленні даних з індексом навіть на невеликих кількостях.

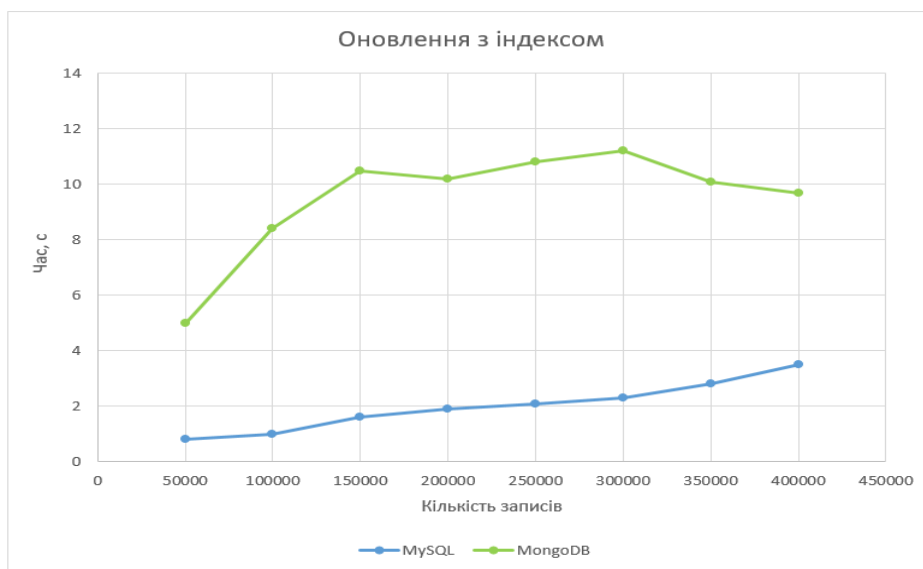
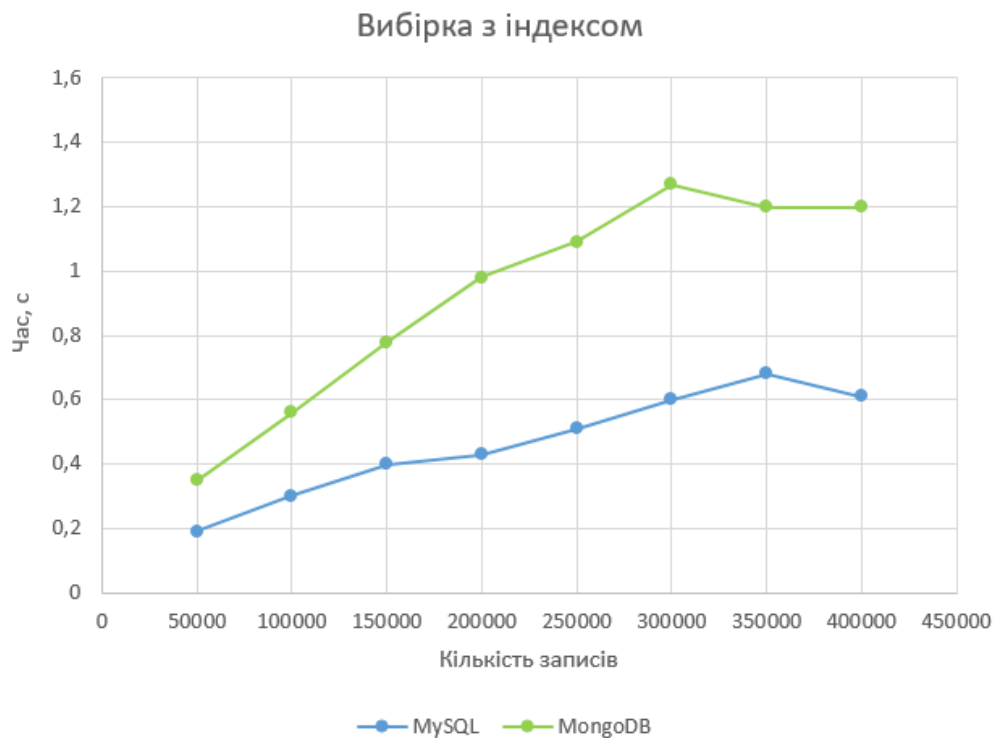


Рисунок 9 - порівняння швидкості оновлення даних з індексом у СУБД MySQL і MongoDB

В основному в веб-додатках найпоширенішою операцією є читання даних. Тобто слід порівняти швидкість вибірки даних (рис. 10).



*Рисунок 10 - порівняння швидкості вибірки даних з індексом у СУБД MySQL і MongoDB*

Отже, виходячи з результатів наведених вище порівнянь було обрано СУБД MySQL через швидкодію, велику розповсюдженість, широку підтримку і високу сумісність з об'єктно-орієнтованими мовами програмування.

Для розробки клієнтської частини використовувались HTML5 SASS, JavaScript, React та Redux.

**HTML** (Hyper Text Markup Language) – це стандартна мова, яка призначена для створення гіпертекстових документів для середовища web сайтів. HTML документи можливо переглядати на різних пристроях та браузерів. Створений HTML документ браузер може інтерпретувати для виділення різних елементів та первинної їх обробки. Саме використання HTML дозволяє виконувати форматування документів для їх показу з використанням шрифтів, ліній та інших графічних елементів на будь-якому програмному забезпеченні та для перегляду web-сторінок.

Для виконання стилізування HTML документів використовуються каскадні таблиці стилів (**CSS**) – це технологія описування зовнішнього вигляду документа, який написаний мовою гіпертекстової розмітки HTML.

CSS використовується авторами веб-сторінок для вказування кольорів, шрифтів, розташування блоків та інших аспектів представлення документа. Основною метою CSS є розділення вмісту (написаного на

HTML) та подання документа (написаного на CSS). Цей поділ документа збільшує доступність документа, надає велику гнучкість та можливість виконувати управління його показу, а також зменшити складність та повторюваність в структурі самого документа.

**Sass** (Syntactically Awesome Stylesheets) - модуль, що входить в Haml. Sass - це метамова на основі CSS, призначена для збільшення рівня абстракції CSS коду та спрощення файлів каскадних таблиць стилів.

Мова Sass має два синтаксису:

sass - відрізняється відсутністю фігурних дужок, в ньому вкладені елементи реалізовані за допомогою відступів;

SCSS (Sassy CSS) - використовує фігурні дужки, як і сам CSS.

Для створення інтерфейсу користувача буде використана технологія **ReactJS** – це бібліотека JavaScript, яка використовується для створення користувацьких інтерфейсів. Вона була створена компанією Facebook, а перший реліз самої бібліотеки був в березні 2013 року[5].

З самого початку React був призначений для веб-сайтів, проте пізніше з'явилась платформа React Native, яка була призначена для створення додатків під мобільні пристрої.

React представляється ідеальним інструментом для створення масштабних веб-сайтів, особливо в тих ситуаціях, коли веб-сайт має лише одну сторінку (landing page).

Вся структура веб-сторінки може бути представлена завдяки допомозі DOM – організації HTML елементів, якими ми можемо маніпулювати, змінювати, видаляти або додавати нові. Для самої взаємодії з DOM застосовується мова JavaScript. Однак коли ми намагаємося маніпулювати HTML-елементами, то можемо зменшити продуктивність веб-сторінки, особливо коли змінюємо велику кількість елементів. Через те, що операції над елементами можуть зайняти деякий час, це неминуче позначиться на призначеному для користувача досвіді. Саме для розв'язання проблеми продуктивності ми використовуємо концепцію віртуального DOM. Віртуальний DOM – це легковажна копія звичайного DOM. Тому React працює виключно з віртуальним DOM, а не звичайним.

Якщо нам необхідно змінити елементи веб-сторінки, то зміни спочатку задаються в віртуальний DOM. Після цього новий стан віртуального DOM зрівнюється з поточним станом. Якщо ці стани відрізняються, то React виконує мінімальну кількість маніпуляцій, які необхідні для показу реального DOM до нового стану і виконує їх.

В результаті така схема взаємодії з елементами веб-сторінки працює набагато швидше та ефективніше, ніж якби ми працювали з JavaScript з DOM безпосередньо.

**Redux** - бібліотека для JavaScript з відкритим вихідним кодом, призначена для управління станом додаток. Частіше використовується в зв'язці з React або Angular для розробки клієнтської частини. Містить ряд інструментів, що дозволяють значно спростити передачу даних сховища через контекст.

Для вирішення завдань проєктованої системи було проаналізовано декілька якісних наявних додатків з операціями та можливостями ведення сімейного бюджету та виділено функціонал, який найкраще підходить для проєктованої системи, не ускладнює роботу користувачу та не зменшує продуктивність всього веб-сайту (табл. 1).

*Таблиця 1 - Функціонал веб-додатку «Медична інформаційна система»*

Назва функціоналу	Опис функціоналу
Авторизація користувача	Для можливості ідентифікації користувачів та збереженням їх даних на сервері кожен користувач повинен пройти авторизації та підтвердити свої реєстраційні дані.
Реєстрація	Функція яка дозволяє створювати облікові записи для кожного користувача з розділенням по ролям.
Створення медичного закладу	Функція створення медичного закладу дозволяє керівнику зареєструвати свій заклад.
Додавання лікарів до медичного закладу	Функція додавання лікарів до медичного закладу дозволяє керівнику зареєструвати свій заклад.
Редагування медичного закладу	Функція редагування гаманця дозволяє проводити зміни в назві адресі та інших властивостях медичного закладу.
Пошук лікарів	Функція пошуку лікарів дозволяє пацієнтам знаходити лікарів за прізвищем, а також фільтрувати результати.
Назва функціоналу	Опис функціоналу
Запис на прийом до лікаря	Пацієнт може записатись на прийом до лікаря
Скасування прийому	Пацієнт або лікар можуть скасувати запис на прийом
Ведення прийому	Лікар може провести прийом з пацієнтом який був записаний до нього. В рамках ведення прийому лікар може додавати причини, діагнози, послуги з кодуванням ІСРС2

Схема бази даних (рис. 11):

- Користувачі – таблиця для зберігання облікових записів користувачів, загальних даних про них (ПІБ, стать, дата народження, телефон)
- Організації - таблиця для зберігання інформації про організації, їх адресу і код ЄДРПОУ
- Прийоми – таблиця для зберігання інформації про прийоми зі зв'язком з таблицею користувачів
- Довідник ІСРС2 – таблиця для зберігання довідника ІСРС2 кодів

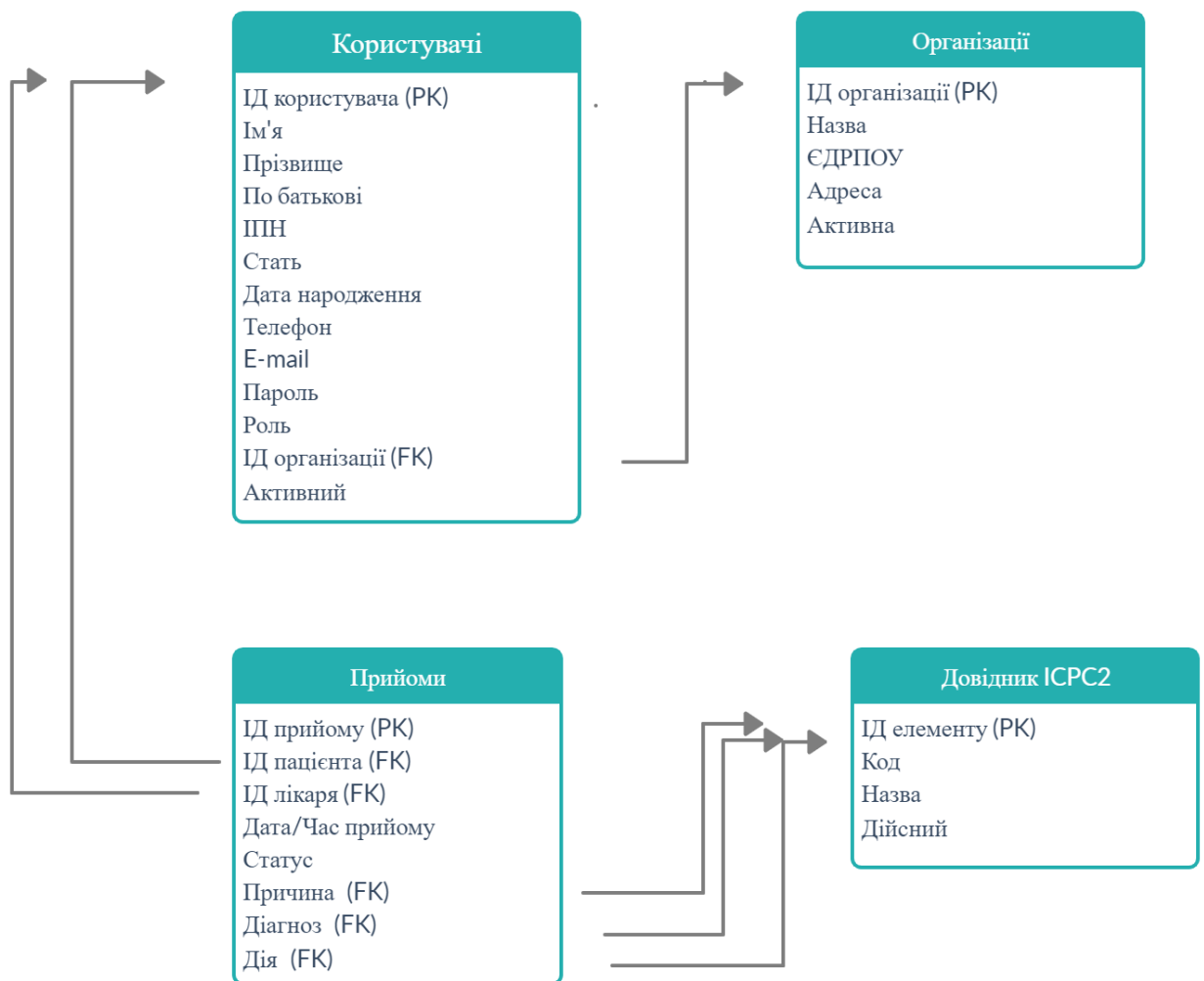


Рисунок 11 - схема бази даних

Вся інформація складається з набору однотипних записів розташованих один за одним. Дані в цих таблицях можливо додавати, видаляти або змінювати. Також в кожній таблиці є набір іменованих полів, які зберігають корисну інформацію починаючи від імені користувача та закінчуючи довідником ІСРС2 кодів.

### 3 Реалізація і опис роботи системи

У серверній частині веб-застосунку для реалізації механізму генерації і отримання доступних часових проміжків для запису на прийом до лікаря було застосовано один з популярних патернів проектування – фасад. За допомогою патерну фасад можна істотно спростити доступ до системи класів або методів. Це допомагає розділити шари логіки застосунку. Тобто фасад надає простий інтерфейс взаємодії з деякою підсистемою. У випадку підсистеми генерації проміжків часу для запису фасад дозволяє приховати всю реалізацію від шару взаємодії (API) тим самим розділяючи рівні API і бізнес-логіки, що в подальшому спростить підтримку, розширення і рефакторинг системи (рис. 12).

```
namespace HealthyCountry.Services
{
    3 usages 1 inheritor Oleksandr Panasiuk 1 exposing API
    public interface IAppointmentFacade
    {
        17 usages 1 implementation Oleksandr Panasiuk
        Task<List<Appointment>> GetAppointmentsAsync(string doctorId, DateTime dateFrom);
    }
}
```

Рисунок 12 – інтерфейс фасаду отримання проміжків часу для запису

Рівень API отримує доступ до підсистеми генерації і отримання доступних часових проміжків для запису на прийом до лікаря через метод `GetAppointmentsAsync` інтерфейсу `IAppointmentFacade` (рис.13)

Клас `AppointmentService` реалізує інтерфейс фасаду, надаючи рівню API лише одну просту точку входу до підсистеми бізнес-логіки.

У клієнтській частині веб-застосунку для спрощення роботи з формами вводу було розроблено універсальний компонент вводу. Основним функціоналом компоненту є створення відповідного HTML елемента форми в залежності від вхідних параметрів.

За допомогою властивостей які передаються через `props` компонент можна конфігурувати як будь-яке з HTML полів для вводу, а також були додані окремі опції для асинхронного селекту, тобто випадального списку де опції завантажуються динамічно з серверу коли користувач вводить символи.

```

public class AppointmentService : IAppointmentFacade
{
    private readonly ApplicationDbContext _dbContext;

    [1 usage] [Oleksandr Panasiuk]
    public AppointmentService(ApplicationDbContext dbContext)
    {
        _dbContext = dbContext;
    }

    [0+17 usages] [Oleksandr Panasiuk]
    public Task<List<Appointment>> GetAppointmentsAsync(string doctorId, DateTime dateFrom)
    {
        var numberOfSlotsToCreate = GetNumberOfSlotsToCreate(doctorId, dateFrom);
        if (numberOfSlotsToCreate != 0)
        {
            CreateAppointmentSlots(doctorId, dateFrom, numberOfSlotsToCreate);
        }

        CreateSlotsForCancelledAppointments(doctorId, dateFrom);
        return _dbContext.Appointments.AsNoTracking()
            .Where(x:Appointment => x.EmployeeId == doctorId && x.DateTime.Date >= dateFrom.Date && x.Status!=AppointmentStatuses.CANCELED)
            .OrderBy(x:Appointment => x.DateTime).ToListAsync(); //Task<List<...>>
    }
}

```

*Рисунок 13 – клас і метод що реалізують інтерфейс фасаду*

Для веб-застосунку розробленого для пацієнтів та лікарів було обрано мінімалістичний дизайн для зручності користування. Для користування системою користувачу необхідно увійти у свій обліковий запис. Система дозволяє директору зареєструвати свій мед. заклад і додати співробітників. Для пацієнтів створено окремий зручний інтерфейс реєстрації. Після реєстрації користувачу необхідно авторизуватись у системі створеним обліковим записом.

Після авторизації користувач потрапляє на головну сторінку і бачить пошук лікарів за прізвищем і назвою організації. На кожній сторінці відображається по до 30 профілів лікарів, до яких користувач може записатись на прийом. Переключитись на наступну сторінку можна за допомогою навігаційних кнопок «вперед» і «назад».

Для детального перегляду даних про лікаря і запису на прийом користувач повинен натиснути на кнопку «Записатись на прийом» у блоці препарату головної сторінки. Для нього відкриється сторінка лікаря, де буде відображена вся доступна інформація про організацію і лікаря, його телефон, а також можливість обрати час і день для запису на прийом. Після натискання на обрану дату пацієнт може переглянути свої записи у своєму профілі і якщо, щось змінилось скасувати прийом.

Для виконання тестування веб-сайту було використано браузер Google Chrome з інструментами розробника а саме, "Network" та "Lighthouse".

За результатами тестування в інструменті "Lighthouse" було отримано наступні значення:

- Perfomance (продуктивність) – 93/100
- Accessibility (доступність) – 97/100
- Best Practices (використання найкращих рішень) – 93/100
- SEO (оптимізація під пошукові системи) – 100/100

Ці дані говорять, що веб-сайт відповідає всім нормам та правилам створення веб додатків та буде частіше пропонуватись в пошукових системах.

**Висновки.** В результаті була розроблена медична інформаційна система. В процесі виконання роботи було досягнуто:

1. Були досліджені теоретичні основи і бізнес-процеси медичних інформаційних систем. Вивчена на достатньому рівні сфера дослідження предмету кваліфікаційної роботи, а саме процес роботи медичних закладів первинної ланки, сучасні вимоги Національної служби здоров'я України до ведення прийомів.

2. Досліджені всі основні принципи, необхідні для побудови сучасної інформаційної системи, порівнянні два види баз даних і обрано оптимальний для виконання поставленого завдання. Переглянуті існуючі рішення в даній сфері і сформульовано технічні вимоги.

3. Спроектовано та реалізовано медичну інформаційну систему з високим показником надійності, інтерфейсом зрозумілим для всіх вікових категорій користувачів. Також при розробці системи було зроблено упор на швидкодію і продуктивність. Розроблений веб-застосунок має клієнт-серверну архітектуру. У якості серверу виступає REST API написане на фреймворці ASP.NET Core 5.0, який використовує мову C# 8.0 і реляційна база даних MySQL. Для створення клієнтської частини було використано мову JavaScript та бібліотеки ReactJS і Redux.

#### Список використаних джерел

1. Данилевский Ю.Г., Петухов И.А., Шибанов В.С. Информационная технология в промышленности: СПб.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1988.

2. Медична інформаційна система *Вікіпедія*: офіц. веб-сайт. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B0\\_%D1%96%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B0\\_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D1%96%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B0_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0) (дата звернення: 25.03.2021).



3. Microsoft Docs *Microsoft Docs*: веб-сайт. URL: <https://docs.microsoft.com/enus/aspnet/core/security/authorization/policies?view=aspnetcore-5.0> (дата звернення: 26.03.2021)
4. Joseph Albahari, Ben Albahari «LINQ Pocket Reference: Learn and Implement LINQ for .NET Applications»: O'Reilly Media, 2008 174 p.
5. React 2020 *React*: веб-сайт. URL: <https://uk.reactjs.org/> (дата звернення: 26.03.2021);
6. MongoDB 2020 *MongoDB*: веб-сайт. URL: <https://www.mongodb.com/> (дата звернення: 26.03.2021);
7. SQL против NoSQL на примере MySQL и MongoDB. *TProger*: веб-сайт. URL: <https://tproger.ru/translations/sql-vs-nosql/> (дата звернення: 26.03.2021);
8. James Chambers, David Paquette, Simon Timms ASP.NET Core Application Development: Bulding an Application in Four Sprints (Developer Reference): Microsoft Press, 2017. P. 25 - 277;
9. Mark J. Price C# 8.0 and .NET Core 3.0 – Modern Cross-Platform Development: Packt Publishing, 2019. 818 p.
10. Карпов, О.Э. Автоматизация процессов, цифровые и информационные технологии в управлении и клинической практике лечебного учреждения: научные труды. Москва: Деловой экспресс, 2016. 388 с.
11. Информационная технология, экономика, культура: сб. обзоров і рефератов: Москва: ИНИОН РАН, 1995.
12. Кобринский, Б.А. Автоматизированные регистры медицинского назначения: теория и практика применения: Москва: Менеджер здравоохранения, 2011. 148 с.
13. Берг А.И., Черняк Ю.Я. Информация и управление.: Москва, 1996.
14. Информационные технологии управления: Учебное пособие для вузов: Москва, 2005.
15. Юсупов Р.М., Заболоцкий В.П. Научные и методологические основы информатизации: СПб., 2005.
16. Мезенцев К.Н. Автоматизированные информационные системы: Учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования: Москва: ИЦ Академия, 2013. 176 с.
17. Ясенев В. Н. Автоматизированные информационные системы в экономике: Учебно-методическое пособие: Москва: Юнити-Дана, 2007. 597с.
18. Варфоломеева А.О., Коряковский А.В. Информационные системы предприятия: Учебное пособие: Москва: НИЦ ИНФРА-М, 2013. 283с
19. Пирогов В.Ю. Информационные системы и базы данных: организация и проектирование: Учебное пособие: СПб.: БХВ-Петербург, 2009. 528с.
20. Helsi.me *Helsi*: веб-сайт. URL: <https://helsi.me/> (дата звернення: 15.04.2021);
21. Патерни проектування – фасад *RefactoringGuru*: веб-сайт. URL: <https://refactoring.guru/uk/design-patterns/facade> (дата звернення: 15.04.2021).

## ОСОБЛИВОСТІ СТЕГАНОГРАФІЧНОГО ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ

*Потехін М.В.* – гр.БЧКІ-1-17, бакалавр, *marson75@mail.ru*

*Захарова М.В.* – к.т.н., доцент, *z.maria@ukr.net*

*Люта М.В.* – старший викладач, *lyuta.mv@knutd.com.ua*

*Київський національний університет технологій та дизайну*

*В роботі досліджено та проаналізовано види стеганографічних систем, розглянуто модель стеногосистеми, особливості механізмів стенографічного захисту, визначено схожості і відмінності різних видів стенографічного захисту інформації. Описані базові значення для розуміння загального поняття стенографії, декілька способів використання її механізмів.*

*The types of steganographic systems are investigated and analyzed in the work, the model of steno - system, features of mechanisms of stenographic protection are considered, similarities and differences of different types of stenographic protection of information are defined. The basic values for understanding the general concept of shorthand, several ways of using its mechanisms are described.*

**Вступ.** Задача захисту інформації во всі часи стояла перед багатьма людьми. Основою захисту інформації стали два шляхи: криптографія - захист інформації, основою якого стає приховання лише в місту послання та її прямий конкурент – стенографія, яка приховує сам факт існування повідомлення. Актуальність досліджень у галузі комп'ютерної стеганографії витікає з обмежень на використання криптографічних засобів та з необхідності розв'язування задач захисту прав власності на інформацію, яка представлена у цифровому вигляді.

**Постановка задачі.** В даній роботі необхідно дослідити та проаналізувати види стеганографічних систем, розглянути узагальнену модель стеногосистеми, виявити типи та особливості застосування механізмів стеганографії. Стеганографія - наука про приховану передачу інформації шляхом збереження в таємниці самого факту передачі [1]. Методи стеганографії дозволяють не тільки приховано передавати дані, але і вирішувати завдання перешкодостійкою аутентифікації, захисту інформації від несанкціонованого копіювання, відстеження поширення інформації з мереж зв'язку, пошуку інформації в мультимедійних базах даних. На відміну від криптографії, яка приховує вміст секретного

повідомлення, стеганографія приховує факт передачі інформації, який сам по собі може мати вирішальне значення.

Стенографування, як спосіб документування розвивалося на протязі декількох століть, переслідуючи головну мету: створення компактної і зручної стенографічної системи, яка змогла б задовольнити потреби багатьох мов. На даний момент існує кілька популярних систем стенографування.

Стеганографія займає свою нішу в забезпеченні безпеки: вона не замінює, а доповнює криптографію. Приховування повідомлення методами стеганографії значно знижує ймовірність виявлення самого факту передачі повідомлення. А якщо це повідомлення до того ж зашифровано, то воно має ще один, додатковий, рівень захисту [3-5].

Розрозглянемо узагальнену модель стегосистеми (рис.1). В якості повідомлення може використовуватись будь-яка інформація, яка підлягає прихованій передачі. Як повідомлення може використовуватися будь-який вид інформації: текст, зображення, звук. Контейнер - це будь-яка інформація, призначена для приховування повідомлення. Вибір виду контейнера має суттєвий вплив на надійність стегосистеми і можливість виявлення факту передачі прихованого повідомлення. Порожній контейнер – контейнер без вбудованого повідомлення; заповнений контейнер або стеганоконтейнер, що містить вбудовану інформацію. Стегосистеми утворює стегоканала, за яким передається або в якому зберігається заповнений контейнер. По суті контейнер в стенографічній системі є не чим іншим, як носієм прихованої інформації, У стеганографії як контейнери можуть бути використані різні оцифровані дані: растрові графічні зображення, цифровий звук, цифрове відео, всілякі носії цифрової інформації, а також текстові та інші електронні документи. Стеганоключ або просто ключ – секретний ключ, необхідний для приховування інформації. У стегосистеми з секретним ключем використовується один ключ, який повинен бути визначений або до початку обміну секретними повідомленнями, або переданий по захищеному каналу. У стегосистеми з відкритим ключем для вбудовування і вилучення повідомлення використовуються різні ключі, відмінність яких полягає в тому, що за допомогою обчислень неможливо визначити один ключ з іншого. Тому один ключ (відкритий) може передаватися вільно по незахищених каналу зв'язку.



Рисунок 1 – Схема стегосистеми

В кінці 90 років стеганографію поділили на 3 види: класична, комп'ютерна та цифрова [3]. В наш час додалась мережева стенографія оскільки користувачем інтернету стала майже кожна людина.

Класична стеганографія. В часи другої світової війни використовували такий тип стенографії як мікроточки (мікроскопічні фотографії наклеєні в текст посилання). Також прикладом класичної стеганографії можна назвати надписи на бокових колодах карт та будь-який тип жаргонного шифру, де слова мають обговорені значення, семаграми [1].

Одним з найпоширеніших методів класичної стеганографії є використання симпатичних чорнил (невидимих). Зазвичай процес запису здійснюється наступним чином: перший шар — наноситься важливий запис невидимим чорнилом, другий шар — запис видимими чорнилом, що нічого не значить. Текст, записаний такими чорнилом, проявляється лише за певних умов (нагрівання, освітлення, хімічний проявник і т.ін.). Існує також чорнило з хімічно нестабільним пігментом. Написане цими чорнилами виглядає як написане звичайною ручкою, але через певний час нестабільний пігмент розкладається, і від тексту не залишається і сліду.

Але такі типи як комп'ютерна і цифрова стенографія набагато популярніші.

Комп'ютерна стеганографія – напрям класичної стеганографії, заснований на особливостях комп'ютерної платформи. Комп'ютерна стеганографія базується на двох основних принципах. Перший принцип полягає в тому, що файли, що містять оцифроване зображення або звук, можуть бути до певної міри видозмінені без втрати їх функціональності на відміну від інших типів даних, що вимагають абсолютної точності. Другий принцип полягає в нездатності органів почуттів людини розрізнати незначні зміни в кольорі зображення або якості звуку. Цей принцип

особливо легко застосовувати до зображення або звуку, який несе надлишкову інформацію.

Цифрова стеганографія – напрям класичної стеганографії, заснований на захованні або впровадженні додаткової інформації в цифрові об'єкти, викликаючи при цьому деякі спотворення цих об'єктів [3]. Але, як правило, дані об'єкти є мультимедіа-об'єктами (зображення, відео, аудіо, текстури 3D-об'єктів) та внесення спотворень, які знаходяться нижче межі чутливості середньостатистичної людини, не призводить до помітних змін цих об'єктів.

Прикладом цифрової стенографії покажемо метод LSB (Least Significant Bit, найменший значущий біт). Даний метод полягає у виділенні найменш значущих біт зображення-контейнера з подальшою їх заміною на біти повідомлення (рис. 2). Оскільки заміні піддаються лише найменш значущі біти, різниця між вихідним зображенням-контейнером і контейнером, що містить приховані дані невелика і зазвичай непомітна для людського ока [1]. Метод LSB можна застосовувати лише до зображень в форматах без стиснення (наприклад, BMP) або зі стисненням без втрат (наприклад, GIF), так як для зберігання прихованого повідомлення використовуються найменш значущі біти значень пікселів, при стисненні з втратами ця інформація може бути втрачена. Формати без стиснення мають дуже великий розмір і можуть викликати підозру, з цього для стеганографії частіше використовують інші формати.

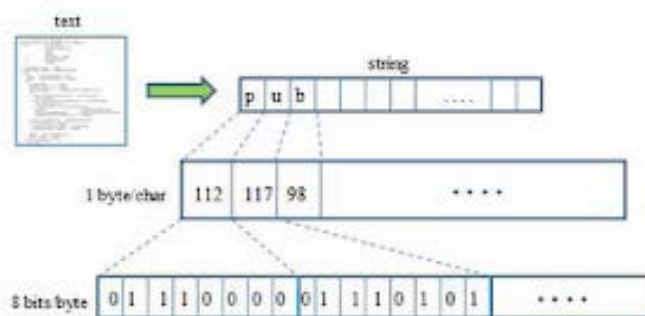


Рисунок 2 – Перетворення тексту в байтову послідовність

Принцип цього методу полягає в наступному: Припустимо, є 8-бітне зображення в градаціях сірого. 00h (00000000b) позначає чорний колір, FFh (11111111b) – білий. Усього є 256 градацій ( $2^8$ ). Також припустимо, що повідомлення складається з 1 байта – наприклад, 01101011b. При використанні 2 молодших біт в описах пікселів, нам буде потрібно 4 пікселя. Припустимо, вони чорного кольору. Тоді пікселі, що містять

приховане повідомлення, будуть виглядати наступним чином: 00000001 00000010 00000010 00000011. Тоді колір пікселів зміниться: першого – на 1/255, другого і третього – на 2/255 і четвертого – на 3/255. Такі градації, мало того що непомітні для людини, можуть взагалі не відобразитися при використанні низькоякісних пристроїв виведення. В ролі базового контейнера пропонується використовувати файли BMP-зображень високої роздільності з глибиною кольору 24 та 32 біти, таємне зображення може мати розширення .BMP, .GIF, .PNG, .JPEG.

Але методи LSB є нестійкими до всіх видів атак і можуть бути використані тільки при відсутності шуму в каналі передачі даних [5]. Виявлення LSB-кодованого «стего» здійснюється по аномальним характеристикам розподілу значень діапазону молодших бітів відліків цифрового сигналу.

**Висновки.** В результаті проведеного дослідження, було визначено можливості стеганографії, як технології яку можна використовувати в багатьох аспектах життя. В роботі було досліджено та проаналізовано види стеганографічних систем, розглянуто узагальнену модель стеногосистеми, виявлено особливості застосування механізмів стеганографії.

#### Список використаних джерел:

1. Стеганографія в зображеннях приклади. Двійкова тайнопис (за матеріалами відкритій пресі). Сучасні підходи до стеганографії. [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <https://maylohack.ru/uk/operacionnye-sistemy/steganografiya-v-izobrazheniyah-primery-dvoichnaya-tainopis-po.html>
2. Стеганография, классификация видов и методов стеганографии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://intellect.icu/steganografiya-klassifikatsiya-vidov-i-metodov-steganografii-5824>
3. Барсуков В.С., Романцов А.П. Компьютерная стеганография вчера, сегодня, завтра [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bnti.ru/showart.asp?aid=330&lvl>, 2020 – Назва з екрана.
4. Стеганографічні методи захисту документів / Б. В. Дурняк, Д. В. Музика, В. І. Сабат. – Львів : Укр. акад. друкарства, 2014. – 159 с.
5. Konahovich, G.F. and Puziyrenko, A.Y. Kompyuternaya steganografiya. Teoriya i praktika, [Computer steganography. Theory and practice], МК-Press, Kyiv, Ukraine, 2006.
6. Стеганографія. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nestego.ru/2012/07/lsb.html>

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПОНЯТТЯ ВЕБ-ТЕХНОЛОГІЙ І РОЛІ FRONT-END РОЗРОБКИ В ФОРМУВАННІ СУЧАСНОГО ВЕБ- ПРОСТОРУ

*Харенко О.О.* – гр. БЧКІ-1-17, бакалавр, *sanek777.28.03.2000@gmail.com*

*Одокієнко С.М.* – к.т.н., доцент, *odokienko.sm@knutd.edu.ua*

*Люта М.В.* – старший викладач, *lyuta.mv@knutd.com.ua*

*Київський національний університет технологій та дизайну*

*Веб-технології - це різні інструменти та техніки, які використовуються в процесі зв'язку між різними типами пристроїв через Інтернет. Щоб краще зрозуміти цей термін, розіб'ємо його на дві частини: „веб” та „технологія”. У цьому випадку Інтернет стосується Всесвітньої павутини, більш відомої як WWW (World Wide Web). Вперше він з'явився у 1989 році, коли відомий вчений та інженер Тім Бернерс-Лі створив ефективний механізм розподілу ресурсів між науковцями усього світу.*

*Web technologies are the various tools and hardware used to communicate between different types of devices over the Internet. To better understand this term, consider it in two parts: "web" and "technology". In this case, the Internet refers to the World Wide Web, more information as the WWW (World Wide Web). It first appeared in 1989, when renowned scientist and engineer Tim Berners-Lee created an effective mechanism for allocating resources among scientists around the world.*

**Вступ.** Всі веб-сторінки, документи та будь-які інші ресурси ідентифікуються та розміщуються за допомогою їх URL-адрес. Вони колективно утворюють те, що ми називаємо Всесвітньою павутиною.

Оскільки у нас є обмежений простір для вивчення широкого спектру доступних веб-технологій, ми вибрали кілька, які найчастіше використовуються як початківцями, так і експертами в цій галузі.

Веб-технології діляться на наступні розділи:

1. Основи, які охоплюватимуть веб-браузери та деякі основи розробки веб-додатків
2. Мови програмування та фреймворки, які використовуються при розробці веб-сайтів
3. Бази даних, які використовуються на сервері для зберігання даних, необхідних або зібраних веб-сайтами
4. Деякі протоколи, тобто правила спілкування в Інтернеті
5. Графічні, аудіовізуальні та інші мультимедійні елементи



6. Деякі формати даних, які зазвичай використовуються для передачі даних через Інтернет

7. Інші різні веб-технології

Веб-браузери, які просто називають браузерами, дають нам змогу переглядати всі ресурси, що є частиною Всесвітньої мережі. Вони засновані на архітектурі клієнт-сервер. У цьому випадку клієнтом є браузер. Можна сприймати сервер, як комбінацію програмного та апаратного забезпечення, яке приймає запити клієнта, а потім надсилає запитуваний ресурс клієнту.

Щоразу, коли вводиться URL-адреса в адресний рядок веб-переглядача, він передає запит серверу, а потім отримує та відображає те, що користувач просив.

Деякі популярні веб-браузери - Opera, Mozilla Firefox, Google Chrome та Safari.

Технології відіграють важливу роль у нашому повсякденному житті. Вони оточують нас і потрібні нам для виконання простих завдань і спрощення нашого життя. Усе програмне забезпечення, яке ми використовуємо, виготовляється розробниками програмного забезпечення (програмістами).

Однією з таких важливих технологій є веб-розробка. В нашу епоху інтернет-розвитку, веб-технології стали вкрай потрібними для людей. В процесі веб-розробки, створюють веб-сторінки та програми для користування в Інтернеті. Веб-розробка не обов'язково фокусується на дизайні веб-сайту; швидше, це стосується в основному частини програмування та кодування, що є основною складовою функціонування веб-сайту.

Це стосується розробки та обслуговування веб-сторінок, включаючи такі поняття, як веб-дизайн, веб-програмування, веб-публікація та управління базами даних. Крім того, він включає різні типи засобів та методів створення веб-контенту, такі як текстові редактори для ручного редагування веб-сайтів, Dreamweaver для розробки веб-сторінки, використання веб-сайту для ведення блогу, для оновлення блогів тощо.

Починаючи від базових і простих веб-сайтів, закінчуючи складними веб-додатками та платформами соціальних медіа, а також від численних веб-сторінок, що дають змогу здійснювати покупки в Інтернеті, і закінчуючи навіть системами управління контентом (CMS). Усі онлайн-інструменти та веб-сайти, якими ми регулярно користуємося, є частиною веб-розробки. Крім того, всі ці інструменти та веб-сайти створені веб-розробниками.



Веб-розробка загалом стосується завдань, пов'язаних з розробкою веб-сайтів для розміщення в Інтернеті. Процес веб-розробки включає, серед інших завдань, веб-дизайн, розробку веб-контенту, сценарії на стороні клієнта/сервера та налаштування безпеки мережі.

У більш широкому розумінні веб-розробка охоплює всі дії, оновлення та операції, необхідні для побудови, обслуговування та управління веб-сайтом, щоб забезпечити його ефективність, зручність роботи та швидкість оптимальними.

Також, веб-розробка включає в себе всі ті стратегічні дії, необхідні для забезпечення належного ранжування за результатами пошукової системи. Зазвичай ці завдання стосуються іншої спеціалізації, а саме оптимізації пошукових систем (SEO).

Веб-розробка - це кодування або програмування, що забезпечує функціональність веб-сайту відповідно до вимог власника. В основному мова йде про недизайнерський аспект побудови веб-сайтів, який включає кодування та розмітку.

Веб-розробка варіюється від створення простих текстових сторінок до складних веб-додатків, соціальних мереж та електронних бізнес-додатків.

- Ієрархія веб-розробки така:
- Кодування на стороні клієнта;
- Кодування на стороні сервера;
- Технологія баз даних.

Більшість веб-розробників використовують для розробки веб-сайтів мову розмітки гіпертексту (HTML), каскадні таблиці стилів (CSS) та мову програмування JavaScript.

Гіпертекстова мова розмітки (HyperText Markup Language), яку частіше називають HTML, - це місце, де розпочинається веб-сайт. Це найважливіша складова всіх вступних уроків, які охоплюють основи роботи в Інтернеті. Це мова клієнта, яка використовується для кодування інтерфейсу веб-сайту. Це допомагає розробникам визначити структуру веб-сторінки, і робить це за допомогою елементів, які ідентифікуються тегами. HTML визначає базову структуру веб-сайту - основу, на якій базується все інше. Він формує блоки, які визначають макет сторінки, формат та критичні компоненти. Хоча теоретично можливо розробляти веб-сайт лише у форматі HTML, це буде просто сайт без функціональної сторони, якщо він не розширений за допомогою CSS та JavaScript. Крім того, навіть такі прості модифікації стилю, як зміна кольору кнопки,

вимагають великої кількості коду, який виконується не лише за допомогою HTML. Кожен елемент, укладений у дужки < >, є елементом структури основи сайту. Однак DOCTYPE - це лише декларація, яка повідомляє браузеру, що те, що він збирається завантажити, - це документ HTML. Елемент <body> визначає весь вміст, який утворює тіло документа. <h1> та <p> позначають початок заголовка та абзацу відповідно. </body>, </h> та </p> закривають теги. Вони вказують, де закінчуються текст, заголовок та абзац.

CSS - одна з найбільш фундаментальних технологій дизайну веб-сайтів. Щоб ще більше прикрасити веб-сторінки, можна інтегрувати CSS (каскадні таблиці стилів) у свій HTML-код. Процес застосування певних стилів до певних елементів HTML-коду може перетворитися на повторюване завдання. Для економії часу та енергії CSS можна використовувати для впорядкування процесу стилізації сторінок на всьому сайті. CSS використовується для стилізації вмісту веб-сайту. За кожним елементом або тегом сайту, закріплений той чи інший набір CSS-інструкцій. Кожна із цих інструкцій, відповідає за зовнішні зміни того самого елемента, за яким вона закріплена. Усі стилістичні зміни кольорів, форм, зовнішнього вигляду – саме за це відповідає CSS.

Мова програмування JavaScript використовується для того, щоб подбати про інтерактивність багатьох унікальних елементів веб-сайту. З його допомогою можна створювати ефекти, які змінюють зовнішній вигляд піктограм та випадаючих меню, додають анімацію, ігри та інші інтерактивні елементи. Вперше JavaScript було створено в 1995 році. Сьогодні він улюблений розробниками по всьому світу. Зараз це життєво важливий компонент веб-розробки, який допомагає створювати динамічні елементи веб-сторінок. Введення JavaScript привело до революційної хвилі інтерактивних веб-сторінок. Сьогодні включення графічних елементів, інтеграція баз даних та загальна динаміка веб-сайту можливі завдяки появі JavaScript. Хоча JavaScript спочатку був представлений як інтерфейсна мова розробки, зараз він стає популярним вибором і для внутрішньої розробки.

**Постановка проблеми.** Метою роботи є дослідження сучасних веб-технологій та принципу їх роботи, порівняння з веб-технологіями минулого, вивчення питання ролі front-end розробки в формуванні сучасних веб-технологій, дослідження всіх аспектів сучасної front-end розробки та перспективи розвитку веб-простору.

**Результати дослідження.** Веб-розробники, як правило, поділяються на розробників зовнішнього інтерфейсу (front-end developer), розробників

внутрішньої частини (back-end developer) та розробників, які володіють навиками і тих і інших (fullstack developer). Front end стосується всіх тих частин веб-сайту, які користувач може бачити на своєму екрані та взаємодіяти.

Back end стосується прямо протилежного цьому. Він включає приховані механізми, які роблять функцію веб-сторінки. Типовий користувач, як правило, не знає, що відбувається у серверній системі.

Fullstack-розробники, здатні виконувати одночасно і інтерфейсні, і серверні завдання.

Веб-протоколи - це деякі заздалегідь визначені правила, яких повинен дотримуватися кожен, хто спілкується через Інтернет.

Протокол передачі гіпертексту (HyperText Transfer Protocol), більш відомий як HTTP, - це веб-протокол, який визначає два поняття:

- Як клієнтські запити передаються на сервери
- Як сервери реагують на запити клієнтів

У запиті повинні бути зазначені наступні чотири пункти:

1. URL-адреса ресурсу, який бажає клієнт
2. Метод, такий як GET (який використовується для отримання даних із сервера) або POST (який використовується для надсилання даних, які потрібно оновити на сервері)
3. Список заголовків (заголовки запитів можуть містити різну інформацію про клієнта або ресурс, який вони запитували, наприклад, ім'я браузера клієнта, операційну систему, розмір повідомлення, час і дату запиту, інформацію про контроль доступу / дані тощо)
4. Тіло, яке містить інформацію, яку клієнт хоче надіслати на сервер

Після обробки запиту сервер надсилає відповідь з іншого кінця. Ця відповідь визначає три елементи:

1. Код стану у формі тризначного номера (Код стану, який ви могли бачити під час щоденних сеансів веб-перегляду, - 404, що вказує на те, що запитаний ресурс не вдалося знайти.)
2. Список заголовків (заголовки відповідей за структурою нагадують заголовки запитів і можуть містити таку інформацію, як розмір повідомлення, тип вмісту тощо).
3. Тіло, яке містить інформацію, яку клієнт запитував від сервера

Всесвітня павутина зростатиме з дивовижними темпами, включаючи більшу кількість людей, пристроїв та ресурсів, доступних в Інтернеті. Тому очікується розширення веб-технологій. Отже, технічні фахівці будуть

прагнути до того, щоб забезпечити доступний веб-вміст для користувачів скрізь. Для захисту приватного веб-вмісту від зловмисних кібератак доведеться вжити більш жорстких заходів безпеки.

WWW розпочався як Web 1.0 зі статичними веб-сторінками, написаними простим старим HTML. Потім він перейшов до Web 2.0 з появою JavaScript та інших технологій, що дозволило користувачам взаємодіяти з веб-контентом та створювати власні.

Незабаром Інтернет піде на крок далі і вступить у свою третю фазу, тобто Web 3.0, яка буде набагато децентралізованішою, ніж сьогодні. Сучасні технології, такі як AI та IoT, незабаром домінуватимуть в Інтернеті. Все буде набагато автоматизованіше як з точки зору розробки, так і споживання нового контенту.

**Висновки.** В результаті проведеного аналізу та досліджень, можна зробити такі висновки, що в сучасному світі інтернет-технологій, веб-розробка, являється одним з провідних методів розробки програмного забезпечення. Веб-розробка – займає лідируючі позиції в списку технологій розробок, за рахунок універсальності для всіх можливих девайсів, починаючи від сучасних full hd телевізорів і закінчуючи портативними смартфонами.

В свою чергу веб-розробка, як технологія, складається з двох складових, сторони інтерфейса (front end) та серверної сторони (back end). Кожна із цих частин веб-розробки представляє свою цінність і не може утворювати повноцінну веб-технологію поодиноці.

Front end, як частина веб-розробки, яка відповідає за те, що побачить користувач перед собою, заслуговує особливої уваги, оскільки кожен front-end розробник повинен бути не просто програмістом який пише код, а і, свого роду, митцем, здібним побачити проєкт правильно, поставити себе на місце користувача і дати собі відповідь на запитання «Чи приємно і комфортно користувачу буде працювати з сайтом?».

З усього вищесказаного, можна сміливо зробити висновок, що інтернет-технології зараз знаходяться в етапі розквіту і основні етапи ще попереду. Оскільки сучасна технологічна обстановка в світі гостро потребує якісної веб-розробки, це означає, що попит на спеціалістів такого напрямлення, як front end не спадатиме, а отже не спадатиме попит і на якісні онлайн-курси з цього напрямку.

В наш час швидкісного і якісного інтернету та зайнятих людей, які б хотіли пізнати всі ази front-end розробки, але банально не мають вільного часу або бажання для того, щоб записуватися на курси або, тим більше,

вступати до вишу, онлайн-курси, на кшталт курсу опис якого представлено в даній роботі, мають дуже велике значення і дають їм шанс опанувати професію мрії у найкоротші строки.

Відомо, що стандарти та тенденції веб-розробки front end змінюються швидше, ніж їх можна впровадити. Тому розробникам дуже важливо бути в курсі останніх мов програмування, фреймворків та технологій, щоб залишатися актуальними та конкурентоспроможними у галузі, що постійно розвивається. Подібні онлайн-курси, дають змогу надолужити пропущене, посилити свої слабкі сторони, заповнити пробіли і стати професіоналом своєї справи.

Без сумніву, онлайн-курси це теперішнє і майбутнє освітнього процесу, особливо для людей які хочуть освоїти щось нове, але мають на це не так багато часу. Основний плюс подібних курсів заключається в тому, що здобувати знання і навички людина повинна сама, для цього людині потрібні бажання і розуміння того, що це дійсно потрібно, а це, в свою чергу, і є ключом до успішного здобуття і засвоєння будь-яких знань і навичок.

#### **Список використаних джерел**

1. Гото Келлі, Котлер Емілі. Веб-редизайн, 2-е видання. – СПб. : «Символ-Плюс», 2006. – С. 416.
2. Марко Беллиньясо. Розробка Web-додатків в середовищі ASP.NET 2.0: завдання - проєкт - рішення = ASP.NET 2.0 Website Programming: Problem - Design - Solution. – М. : «Діалектика», 2007. – С. 640
3. Оліщук Андрій Володимирович. Розробка Web-додатків на PHP 5. Професійна робота. – М. : «Вільямс», 2006. – С. 352.
4. URL: <https://www.techopedia.com/> "What is Web Development? – Definition from Techopedia". (Дата звернення 07.04.2021)
5. Campbell, Jennifer (2017). Web Design: Introductory. Cengage Learning. p. 27.

## МОДЕЛЬ ОЦІНКИ РИЗИКІВ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

*Поліщук Д.В.* – гр. БЧКІ-1-17, бакалавр, [darya.onischenko@gmail.com](mailto:darya.onischenko@gmail.com)

*Захарова М.В.* – к.т.н., доцент, [z.maria@ukr.net](mailto:z.maria@ukr.net)

*Люта М.В.* – старший викладач, [lyuta.mv@knutd.com.ua](mailto:lyuta.mv@knutd.com.ua)

*Київський національний університет технологій та дизайну*

*У статті розглянута класифікація основних способів та методів оцінки ризиків інформаційної системи, описані моделі найефективніших засобів захисту інформації. Також, важливий акцент зосереджений на питанні дослідження основних принципів інформаційної безпеки, які обумовлені необхідністю забезпечення управління процесами формування та використання інформаційних ресурсів, а також створенням і застосуванням інформаційних систем. Нові моделі інформаційної безпеки в умовах розвитку суспільства будуть покликані протистояти різноманітним загрозам, небезпекам і викликам, як зовнішнім, так і внутрішнім.*

*The article considers the classification of the main methods and techniques of risk assessment of the information system, describes the models of the most effective means of information protection. Also, an important emphasis is placed on the study of the basic principles of information security, which are due to the need to manage the processes of formation and use of information resources, as well as the creation and application of information systems. New models of information security in the context of society will be designed to confront a variety of threats, dangers and challenges, both external and internal.*

**Вступ.** Інформація в ХХІ столітті стала невід’ємною частиною людського життя. Вона стала рівноцінним ресурсом в порівнянні з іншими, наприклад, як із матеріальними (нафта, вугілля, електроенергія тощо). Френсіс Бекон ще в XVII столітті казав: «Інформація керує світом. Хто володіє нею, той може вирішувати долі народів». Тому на сьогоднішній день володіння інформацією пов’язане з ризиками її втратити. Інформаційні злочини стали дедалі частіше зустрічатись. Викрадення та продаж інформації в наш час є заробітком для великої кількості хакерів та злочинців [1]. Тому з’явилась необхідність якісно захищати інформацію. Для побудови якісної та ефективної системи захисту інформації використовують різні методи та способи аналізу можливих місць її виток.

Інформаційний ризик – це імовірність виникнення втрат в зв’язку з зловмисним або випадковим виводом з ладу елементів інформаційної системи або викрадення інформації з інформаційної системи. Оцінка ризику – це визначення даної імовірності.

Ризик інформаційної безпеки - це потенційна можливість використання вразливостей активів конкретної загрози для заподіяння шкоди організації.

**Постановка проблеми.** Обговоривши в попередніх публікаціях основи інформаційної безпеки та законодавчі норми щодо захисту інформації, слід перейти до опису ризик-орієнтованого підходу для забезпечення кібербезпеки. В роботі необхідно дослідити основи ризик-менеджменту, аналізу і розрахунку ризиків в області інформаційної безпеки, відповідні нормативні документи, а також застосування методів аналізу ризиків інформаційної безпеки.

**Результати досліджень.** Основними способами знаходження вразливостей в системі є такі способи: статичний аналіз кожного елементу, перевірка шляхом створення фіктивних атак, отримання інформації про вразливості від розробника ПЗ або моделювання ризиків [2]. Саме моделювання ризиків дозволяє продумати методи захисту системи ще в процесі її проектування. Моделювання ризиків – це неперервний процес, який допомагає знаходити та зменшувати кількість загроз у вашій системі шляхом прийняття певних дій.

Під величиною ризику умовно розуміють настання ймовірності негативної події і розміру збитку. У свою чергу під ймовірністю події розуміється настання ймовірності реалізації загрози інформаційній безпеці, а також вразливостей інформаційної безпеки, виражені в якісній або кількісній формі. Умовно можемо висловити це логічною формулою:  $\text{величина\_ризик} = \text{Ймовірність\_події} * \text{Розмір\_збитку}$ , де  $\text{Ймовірність\_події} = \text{Ймовірність\_загрози} * \text{Величину\_вразливості}$ .

Існує також умовна класифікація ризиків: за джерелом ризику (наприклад, атаки хакерів або інсайдерів, фінансові помилки, вплив державних регуляторів, юридичні претензії контрагентів, негативний інформаційний вплив конкурентів); по цілі (інформаційні активи, фізичні активи, репутація, бізнес-процеси); за тривалістю впливу (операційні, тактичні, стратегічні)

Цілі процесу аналізу ризиків ІБ такі:

1. Ідентифікувати активи і оцінити їх цінність.
2. Ідентифікувати загрози активам і уразливості в системі захисту.
3. Прорахувати ймовірність реалізації загроз і їх вплив на бізнес (англ. Businessimpact).
4. Дотримати баланс між вартістю можливих негативних наслідків і вартістю заходів захисту, дати рекомендації керівництву компанії по обробці виявлених ризиків.

Етапи 1-3 є оцінкою ризику (англ. Riskassessment) і являють собою збір наявної інформації. Етап 4 вдає із себе вже безпосередньо аналіз ризиків (англ. Riskanalysis), тобто вивчення зібраних даних і видачу результатів / вказівок для подальших дій; при цьому також важливо розуміти власний рівень впевненості в коректності проведеної оцінки. На етапі 4 також пропонуються методи обробки для кожного з актуальних ризиків: передача (наприклад, шляхом страхування), уникнення (наприклад, відмова від впровадження тієї чи іншої технології або сервісу), прийняття (свідома готовність понести збитки в разі реалізації ризику), мінімізація (застосування заходів для зниження ризику ІБ і ймовірності негативної події, що приводить до реалізації ризиків інформаційної безпеки). Після завершення всіх етапів аналізу ризиків слід вибрати прийнятний для компанії рівень ризиків (англ. Acceptablerisklevel), встановити мінімально можливий рівень безпеки (англ. Baselinesofperformance), потім впровадити контрзаходи і надалі оцінювати їх з точки зору досяжності встановленого мінімально можливого рівня безпеки з їх допомогою.

Збиток від реалізації атаки може бути прямим або непрямим. Прямий збиток – це безпосередні очевидні і легко прогнозовані втрати компанії, такі як втрата прав інтелектуальної власності, розголошення секретів виробництва, зниження вартості активів або їх часткове або повне руйнування, судові витрати і виплата штрафів і компенсацій.

Непрямий збиток може означати якісні або непрямі втрати. Якісними втратами можуть бути припинення або зниження ефективності діяльності компанії, втрата клієнтів, зниження якості вироблених товарів або послуг, що надаються. Непрямі втрати - це, наприклад, недоотриманий прибуток, втрата ділової репутації, додатково понесені витрати. Крім цього, в зарубіжній літературі зустрічаються також такі поняття, як тотальний ризик (англ. Totalrisk), який присутній, якщо взагалі ніяких заходів захисту не впроваджується, а також залишковий ризик (англ. Residualrisk), який присутній, якщо загрози реалізувалися, незважаючи на запроваджені заходи захисту.

Аналіз ризиків інформаційної безпеки може бути як кількісними, так і якісними.

Розглянемо один із способів кількісного аналізу ризиків. Основними показниками будемо вважати такі величини:

- ALE – annuallossexpectancy, очікувані річні втрати, тобто «Вартість» всіх інцидентів за рік.
- SLE – singlelossexpectancy, очікувані разові втрати, тобто «Вартість» одного інциденту.



- EF – exposurefactor, фактор відкритості перед загрозою, тобто який відсоток активу зруйнує загроза при її успішній реалізації.
- ARO – annualizedrateofoccurrence, середня кількість інцидентів на рік відповідно до статистичних даних.

Значення SLE обчислюється як добуток розрахункової вартості активу і значення EF, тобто  $SLE = AssetValue * EF$ . При цьому у вартість активу слід включати і штрафні санкції за його недостатній захист.

Значення ALE обчислюється як добуток SLE і ARO, тобто  $ALE = SLE * ARO$ . Значення ALE допоможе проранжувати ризики – ризик з високим ALE буде самим критичним. Далі, розраховане значення ALE можна буде використовувати для визначення максимальної вартості реалізованих заходів захисту, оскільки, згідно із загальноприйнятою підходу, вартість захисних заходів не повинна перевищувати вартості активу або величини прогнозованого збитку, а розрахункові доцільні витрати на атаку для зловмисника повинні бути менше, ніж очікувана їм прибуток від реалізації цієї атаки. Цінність заходів захисту також можна визначити, вирахувавши з розрахункового значення ALE до впровадження заходів захисту значення розрахункового значення ALE після впровадження заходів захисту, а також віднявши щорічні витрати на реалізацію цих заходів. Умовно записати цей вислів можна наступним чином: (Цінність заходів захисту для компанії) = (ALE до впровадження заходів захисту) – (ALE після впровадження заходів захисту) - (Щорічні витрати на реалізацію заходів захисту).

Прикладами якісного аналізу ризиків можуть бути, наприклад, метод Делфі, в якому проводиться анонімне опитування експертів в кілька ітерацій до досягнення консенсусу, а також мозковий штурм і інші приклади оцінки «Експертним методом» [4].

Перевага моделювання інформаційних ризиків полягає в тому, що ми отримуємо розуміння реальних атак, чітко визначаємо зв'язок компонентів системи, отримуємо сценарії та ймовірності використання вразливостей та отримуємо розуміння впливу на систему проведення атаки. На сьогоднішній день існує багато різних методологій для моделювання інформаційних ризиків.

Основними є:

1. STRIDE
2. PASTA
3. Trike
4. VAST
5. OCTAVE

**Висновки.** Отже, одним з важливіших кроків при побудові системи захисту інформації є обрання методів, управляючих документів та інструментів. Як правило, компанії не знають, які з існуючих способів оцінки ризиків кращі саме для їх установи. Процес оцінки повинен бути пристосований до індивідуальних, персональних та приватних особливостей організації, але в той же час узгоджений з найкращими стандартами та досвідченими, провідними практиками. У даній роботі було розглянуто класифікацію основних способів та методів оцінки інформаційних ризиків. Також проведено аналіз одних із кращих методів, провідних документів та інструментів. Обрати кращий засіб оцінки ризику полягає в їх детальному порівнянні, використовуючи різні стандарти та критерії. Якщо критерії, які використовуються, застосовані до всіх моделей оцінки ризиків, підприємство може порівняти різні моделі оцінки і об'єктивно прийняти рішення про запровадження найкращих з тих, які задовольняють їх потреби.

#### **Список використаних джерел**

1. Хорошко В.О. «Проектування комплексних систем захисту інформації», 2020. – 317с.
2. Когут Ю.І. «Кібертероризм: історія, цілі, об'єкти. Практичний посібник», 2021. – 304 с.
3. Когут Ю.І. «Кібербезпека та ризики цифрової трансформації компаній», 2021. – 372 с.
4. Бобало Ю.Я., Горбатий І.В. та інші «Інформаційна безпека» 2019. – 580 с.
5. Астрахов А.М. Мистецтво управління інформаційними ризиками – М: ДМК Пресс, 2010. – 312 с.
6. Лекції І.Б. Родіонов. - «Системний аналіз. Теорія систем і системний аналіз», 2008. – 122 с.
7. Макаревич Л.М. Управління підприємницькими ризиками: монографія / Л.М. Макаревич. – М.: Річ навіть і Сервіс, 2006. – 443 с.
8. Луцький М.Г. Базові поняття управління ризиком в сфері інформаційної безпеки / Іваненко Є.В. // Захист інформації – 2011. – №2. – С. 86-94.
9. Красилівська О.О. Розробка комплексної системи захисту інформації на об'єкті інформаційної діяльності [Електронний ресурс]. – Режим доступу:  
[http://o53xo.oj2xg3tbovwwcltdn5wq.nblk.ru/3\\_SND\\_2010/Informatica/58042.doc.htm](http://o53xo.oj2xg3tbovwwcltdn5wq.nblk.ru/3_SND_2010/Informatica/58042.doc.htm)  
– Назва з екрану.
10. Побудова комплексних систем захисту інформації [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://iqusion.com/ua/sistemi-zakhistu-informatsiji> – Назва з екрану.

## ТЕХНОЛОГІЯ РОЗРОБКИ ЧАТ-БОТУ

*Дмитренко К.О.* – гр. БЧКІ-1-17, бакалавр, [kostya.dmytrenko@i.ua](mailto:kostya.dmytrenko@i.ua)

*Одокієнко С.М.* – к.т.н., доцент, [odokienko.sm@knutd.edu.ua](mailto:odokienko.sm@knutd.edu.ua)

*Люта М.В.* – старший викладач, [lyuta.mv@knutd.com.ua](mailto:lyuta.mv@knutd.com.ua)

*Київський національний університет технологій та дизайну*

*Чат-боти - це спеціалізовані частини програмного забезпечення, які покликані допомогти користувачам виконувати різні завдання шляхом впровадження машинного навчання і штучного інтелекту. Це означає, що чат-бот зможе взаємодіяти з вашими співробітниками або клієнтами і допомагати їм без допомоги іншої людини.*

*Chatbots are specialized pieces of software designed to help users perform various tasks by implementing machine learning and artificial intelligence. This means that the chatbot will be able to interact with your employees or customers and help them without the help of another person.*

**Вступ.** Інформаційна технологія – це сукупність методів, виробничих процесів та програмно-технічних засобів, об'єднаних у технологічний ланцюжок, що забезпечує виконання інформаційних процесів з метою підвищення їхньої надійності та оперативності і зниження трудомісткості ходу використання інформаційного ресурсу.

Інформаційні технології – одні з найважливіших досягнень діяльності людства. Використання інформаційних технологій дає можливість створити сприятливі умови для розвитку економіки, стимулювати зростання продуктивності праці та підвищення заробітної платні, полегшити організацію комунікацій на всіх рівнях управління, швидко знижувати матеріало- та енергоємність окремого виробництва і національної економіки в цілому.

Чат-боти - це спеціалізовані частини програмного забезпечення, які покликані допомогти користувачам виконувати різні завдання шляхом впровадження машинного навчання і штучного інтелекту. Це означає, що чат-бот зможе взаємодіяти з вашими співробітниками або клієнтами і допомагати їм без допомоги іншої людини.

Чат-боти виявилися надійними інструментами, які можна використовувати для збільшення продажів і поліпшення маркетингових зусиль. Сьогодні сотні компаній вже використовують можливості віртуальних помічників. Більшість з цих компаній використовують ботів,

щоб допомогти споживачам, інші ж компанії знайшли їм застосування в своїх особистих цілях.

Основна причина, по якій боти використовуються, і їх найбільш очевидне застосування, полягає в поліпшенні комунікацій у всій вашій компанії. Крім того, вони здатні виконувати величезну кількість завдань, які мають вплив на вашу організацію.

При цьому щоб створити успішного бота, Ви повинні інвестувати значну кількість часу і зусиль в його розробку і оптимізувати його на регулярній основі.

**Постановка проблеми.** Мета розробки чат-боту – дати можливість користувачам месенджеру Telegram, які цікавляться сферою ІТ, пройти тест і дізнатися свій рівень знань в напрямку QA, а також створити чек-ліст, який допоможе при тестуванні ПО. Чат-бот буде формувати чек-ліст для часто використовуваних пристроїв, що дає можливість більш точно створити чек-ліст для тестування.

### **Створення власного чат-бота.**

Більшість підприємств малого бізнесу зупиняються на рішенні про купівлю чат-ботів. Існують альтернативні способи, через різні редактори, або так звані «коробкові» рішення, але це мало ефективно. По-перше, розробка бота на замовлення дозволяє адаптувати його абсолютно під будь-яке завдання і користувача. По-друге, замовлення бота у досвідчених розробників, дозволить вам не думати про зміст серверів та іншого.

### **Як чат-боти змінять роботу всередині бізнесу.**

Telegram вже є ефективним бізнес-додатком, і таке використання чат-бота може перетворити його в найважливіший інструмент, який буде у ваших співробітників. Використання бота повністю змінить спосіб роботи компаній, оскільки вони зможуть:

#### **1. Покращувати зв'язок.**

Компанії, які використовують Telegram, часто мають гарний зв'язок з клієнтами, і використання ботів може поліпшити це в усіх напрямках включаючи внутрішню взаємодію співробітників. Замість того, щоб в залежності від членів вашої команди відповідати на запити клієнтів або призначати зустрічі, бот може допомогти організувати зустрічі та надати миттєво інформацію.

#### **2. Централізувати завдання.**

Хоча чат-бот не повинен замінювати важливі компоненти програмного забезпечення, такі як CRM, він може допомогти централізувати всі бізнес-програми. Замість того щоб перемикатися з однієї програми на іншу, ваші співробітники зможуть задати питання

безпосередньо вашому боту або просто попросити його виконати будь-які завдання, які їм потрібні.

### **3. Синхронізувати все відділи.**

Ефективні бізнес-моделі розбивають свої операції на конкретні відділи. У більшості випадків кожен відділ звертається незалежно, що може створювати проблеми синхронізації і приводити до негативних результатів. Бот може синхронізувати всі відділи, відправляючи масові повідомлення, що підтверджують їх доставку і відповідають на будь-які питання про будь-які зроблені зміни.

### **4. Надати особистого віртуального помічника для всієї вашої команди.**

Традиційно тільки лідери в бізнесі мали доступ до особистих помічників. Однак, якщо ви створите бота, ви дозволите всім своїм співробітникам мати спеціального помічника, щоб допомогти їм у вирішенні своїх завдань, не наймаючи нових членів команди.

### **5. Проаналізувати більше даних.**

Дані відіграють життєво важливу роль в успіху більшості компаній. При цьому вам часто доводиться наймати аналітиків і виділяти час для інтерпретації цих результатів. Бот може допомогти Вам, сортуючи і аналізуючи дані протягом декількох годин або хвилин. Найкраща частина полягає в тому, що вони зможуть представити свої висновки логічним чином для осіб, які приймають рішення або для всієї організації, в міру необхідності.

### **6. Спростити завдання.**

Існує багато задач, які повторюються, але необхідні для операцій будь-якої компанії. Бот може допомогти спростити ці завдання, тому що він може виконувати більшість, якщо не всі, з них. Вам просто потрібно налаштувати свого бота, щоб автоматично подбати про виконання необхідних завдань або дати своїм роботам прямі інструкції, коли вам потрібно, щоб ці дії були виконані.

Якщо ви шукаєте найбільш ефективний спосіб підвищити загальну продуктивність своєї компанії, то впровадження чат-бота може допомогти вам організувати свій бізнес.

Правильне і своєчасне впровадження нових технологій – це те, без чого не може прожити бізнес. Якщо вчасно не задіяти корисну новинку - це обов'язково зроблять конкуренти. І в особі потенційних і діючих клієнтів саме вони будуть виглядати більш прогресивними.

Одним з останніх трендів є використання телеграм-ботів. Їх впровадження дозволяє отримати серйозні позитивні ефекти:

1. Залучення нових клієнтів.
2. Розвантаження персоналу.
3. Утримання клієнтської бази.

Розглянемо їх докладніше.

### **Залучення нових клієнтів через чат-ботів**

Телеграм-бот може взяти на себе завдання, пов'язані з першим контактом клієнта з компанією. У нього можна закласти такі функції:

- збір контактів (телефонів, електронних адрес, акаунтів в соцмережах);
- збір готових заявок (на покупку або послугу);
- відправка актуальних цін;
- відповіді на поширені питання.

У чому плюс чат-бота для Telegram:

- бот працює автономно, вимагаючи уваги співробітника тільки тоді, коли клієнт вже «теплий», склав перше враження про компанію, і зацікавився продуктом / послугою;
- бот працює цілодобово, без перерв і вихідних - компанія не упускає клієнта, навіть якщо він захоче зробити замовлення або дізнатися якусь інформацію в новорічну ніч.

### **Розвантаження персоналу за допомогою чат-ботів**

На спілкування з клієнтами йде значна кількість часу співробітників. Причому питання у нових користувачів в більшості своїй повторюються. Як результат - співробітнику доводиться виконувати одну і ту ж роботу постійно, даючи одні й ті ж відповіді.

### **Результати досліджень.**

Ось так просто, не володіючи навиками програмування, можна за кілька хвилин зареєструвати повноцінного бота в Telegram. А якщо витратити трохи часу на оформлення та створення спеціалізованих команд, то Ви отримаєте повністю індивідуального власного бота, функціонал і можливості якого будуть залежати тільки від Вас.

**Висновки.** Чат-боти – сучасний та ефективний засіб, який стає дедалі більш популярним для проведення масштабних рекламних кампаній брендів. Враховуючи, високий показник конверсії відкриттів і переглядів повідомлень, які приходять до месенджерів, чат-боти є значно ефективнішим за будь-який інший інструмент реклами.

Для користувачів буде значно простіше отримати необхідну інформацію в автоматичному режимі за допомогою чат-бота, ніж

намагатися отримати ту ж саму інформацію за допомогою пошуку в інтернеті, що значно підвищує лояльність.

Популярність месенджерів зростає з кожним днем, і зростання популярності даних програм прогнозується мінімум на найближчі 5-10 років вперед.

Чат-боти виявилися надійними інструментами, які можна використовувати для збільшення продажів і поліпшення маркетингових зусиль. Сьогодні сотні компаній вже використовують можливості віртуальних помічників. Більшість з цих компаній використовують ботів, щоб допомогти споживачам, інші ж компанії знайшли їм застосування в своїх особистих цілях.

Основна причина, по якій боти використовуються, і їх найбільш очевидне застосування, полягає в поліпшенні комунікацій у всій вашій компанії. Крім того, вони здатні виконувати величезну кількість завдань, які мають вплив на вашу організацію.

При цьому щоб створити успішного бота, Ви повинні інвестувати значну кількість часу і зусиль в його розробку і оптимізувати його на регулярній основі.

#### **Список використаних джерел**

1. Перспективи розвитку інформаційних технологій в Україні. [Електронний ресурс] / Режим доступу: [http://www.rusnauka.com/17\\_AND\\_2010/Informatica/68784.doc.htm](http://www.rusnauka.com/17_AND_2010/Informatica/68784.doc.htm).
2. Єдинак В.С. Розвиток інформаційних технологій в Україні // Наукові доробки молоді – вирішенню проблем європейської інтеграції: збірник наукових статей. В 2 т. Т. 1 Харків: Континент, 2008. С. 289-290.
3. Какорін М.О. Інформаційні технології як фактор інновацій у глобальній фінансовій системі // Формування ринкових відносин в Україні: Збірник наукових праць. № 5 2008. С. 106-109.
4. Пацай Б.Д. Роль інформаційних технологій в управлінні фінансовими ресурсами підприємств // Фінанси України. № 8 2008. С. 82-84.
5. Шандра В.М. Застосування інформаційних технологій в забезпеченні технологічного оновлення економіки на інноваційній основі // Актуальні проблеми економіки. № 10 2007. С. 220-223.

## ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ ІНТЕРФЕЙСУ ВЕБ-ДОДАТКІВ

*Липова О.М.* – гр. МГЧКІ-20, магістр, [olasamoll@gmail.com](mailto:olasamoll@gmail.com)

*Люта М.В.* – старший викладач, [lyuta.mv@knutd.com.ua](mailto:lyuta.mv@knutd.com.ua)

*Київський національний університет технологій та дизайну*

*Дана доповідь присвячена основоположним принципам, яких потрібно дотримуватися, щоб уникнути проблем і перетворити звичні речі в приємні товари, що приносять нам задоволення і радість. Поєднання спостережливості і правильних принципів дизайну - потужний інструмент, яким може користуватися кожен, навіть не професійний дизайнер.*

*This report focuses on the fundamental principles that must be followed to avoid problems and turn familiar things into pleasant goods that bring us pleasure and joy. The combination of observation and correct design principles is a powerful tool that can be used by anyone, not even a professional designer.*

**Вступ.** Інтерфейс веб-додатків це інструмент взаємодії між користувачем і програмою. Важливо зробити так, щоб користувач легко розібрався в функціоналі, візуал був приємний і не відштовхував, а на будь-якому пристрої програма працювала коректно.

Інтерфейс мобільного додатка якраз відповідає за те, щоб всі вищевказані умови виконувалися. Це комплекс, що дозволяє чітко зрозуміти, як має виглядати додаток, де розташовуються всі елементи, яка логіка програми. Орієнтованість на простоту, інтерактивність, залучення, легкість освоєння – основні критерії.

**Постановка проблеми.** Метою цієї роботи є розбір етапів створення інтерфейсу веб-додатків, проведення оглядового аналізу основних вимог до розробки та критеріїв оцінки готового інтерфейсу.

### **Як спроектувати інтерфейс мобільного додатка?**

Необхідно чітко слідувати правилам і законам побудови логіки додатків. Проектування інтерфейсу мобільного додатка складається з декількох ключових частин.

#### *Розуміння користувачів*

Спочатку необхідно зрозуміти логіку користувача і його потреби. Для цього створюється «персонаж», у якого повинно бути ім'я, вік, статус, його звички, потреби, інтереси. На основі взаємодії з таким «персонажем» створюється призначений для користувача сценарій, який передбачає поведінку клієнта.



### *Орієнтація на поведінкові шаблони, звички і неписані стандарти*

Є ряд шаблонів поведінки, які допоможуть розташовувати елементи правильно. Наприклад, великий палець руки завжди знаходиться внизу екрану смартфона, тому всі кнопки потрібно розташовувати саме там. Також слід враховувати особливості жестів, анімації, анатомічні фактори. Як користувач тримає смартфон, куди дивиться, як натискає на екран.

### *Використання ітеративного підходу*

Це метод, який дозволяє зробити проектування інтерфейсу мобільного додатка швидким і актуальним, а головне, впровадити тільки найважливіші інструменти. Він полягає в тому, що спочатку потрібно продумати мінімальний функціонал з найголовнішими інструментами. Надалі поступово розширювати. Такий підхід скорочує час на розробку, зменшує ризики і знімає навантаження з інтерфейсу.

### **Принципи розробки**

- Додаток має бути унікальним і виділятися серед конкурентів;
- енергозбереження, легкість в управлінні, збереження дій - все це показує турботу про користувача;
- облік користувацького досвіду, розташування елементів на зручному рівні, наприклад, кнопки «видалити» і «редагувати» повинні бути на такій відстані, щоб не зачепити випадково одну з них;
- опрацювання відгуку, користувач повинен розуміти, що його запит виконується, відбуваються якісь дії;
- легке введення тексту з урахуванням особливостей мобільної клавіатури;
- помітна і приваблива іконка;
- упор на роботу з сенсорним екраном, всі елементи повинні бути зрозумілі;
- мінімум спливаючих вікон.

### **Інтерфейс мобільного додатка: основні вимоги**

- Використання звичних UI елементів - вертикальна стрічка новин, прямокутні кнопки, розташування меню;
- Високий рівень візуалізації, що дозволяє гармонійно перебувати в додатку;
- Зниження рівня «шуму» інтерфейсу, важливі елементи мають бути показані на самому початку і бути великими і видимими;
- наявність призову до дії, де він необхідний;
- зручний висновок даних, наприклад, округлені ціни;

– поступовий запит прав, наприклад, поки користувач не захоче відкрити камеру в додатку, не потрібно заздалегідь запитувати доступ до неї;

– явний показ можливостей, щоб користувач відразу зрозумів, що він отримає;

– кастомизація і можливість індивідуальної настройки під потреби користувача.

Виконуючи ці вимоги, додаток вийде ефективним, зрозумілим і корисним. Залишається тільки зробити акцент на візуальному супроводі, щоб в програмі було приємно перебувати і хотілося її відкривати.

### **Етапи розробки інтерфейсу мобільних додатків**

Етапи створення інтерфейсу чіткі і зрозумілі. Вони допомагають сформулювати завдання, визначити цілі і слідувати плану. У підсумку, виходить якісний додаток зі стильним і практичним інтерфейсом.

#### *Створення концепції*

Спочатку потрібно визначити, які цілі виконує додаток, завдання, і для кого він створюється. Потрібно визначити цільову аудиторію, вивчити нішу бізнесу, конкуренцію. На основі зібраних даних формується концепція, яка дає чітке уявлення про кінцеву мету. Її потрібно бачити вже на початку проекту, інакше в ході робіт доведеться багато чого переробляти.

#### *Брейнштурм і ескізи*

На основі концепції проводиться обговорення проекту, створюються перші замальовки, креслення і ескізи. Візуальне супроводження допомагає поліпшити бачення і знайти проблемні місця. Також визначаються завдання для UX дизайну. На даному етапі створення інтерфейсу важливо зрозуміти, як користувач буде взаємодіяти з додатком. Вибирається колірна гамма, форми і стиль.

#### *Діаграма переходів*

Відпрацьовується кожна сторінка додатка, створюється діаграма переходів, що дозволяє зрозуміти, як елементи будуть пов'язані між собою. Іншими словами, стає зрозуміло, що станеться, якщо користувач натисне на ту чи іншу кнопку. Такий підхід дозволяє покроково розписати кожную сторінку і побудувати логіку програми.

#### *Вибір стилю інтерфейсу*

Створюється окрема палітра фірмових кольорів, формується своєрідний брендбук, який допомагає створювати дизайн і проектування інтерфейсів додатків.

### *Проектування інтерфейсів: технічне завдання*

Після збору всієї необхідної інформації, статистики, розробки стилю і кількості сторінок, створюється технічне завдання. Це документ, який визначає подальшу роботу фахівців, один з найважливіших етапів створення інтерфейсу. Розробники та дизайнери мають неухильно дотримуватись цього документу. Кількість правок і змін залежить від якості створеного ТЗ.

### *Прототипування, дизайн і їх демонстрація*

Розробляється прототип, по якому дизайнер приступає до детального промальовування кожного компонента. Особлива увага приділяється UX дизайну, який відповідає за зручність розташування елементів і їх функціональність. Промальовується кожна сторінка з усіма особливостями. По суті, додаток повністю створюється візуально.

### *Доопрацювання вибраного концепту дизайну інтерфейсів додатків*

В ході переговорів нерідко виявляється так, що заплановані функції складно реалізувати, або просто вносяться правки і корективи. Це нормальний робочий процес, тому він відноситься до одного з етапів створення інтерфейсу. Після розробки основного дизайну стає зрозуміло, де допущені помилки і як можна поліпшити додаток. Тому правки вносяться навіть на етап розробки концепції. Іноді вона може повністю змінитися в ході розробки.

Від зовнішнього вигляду і зручності використання функцій залежить популярність і затребуваність. Додаток може бути як завгодно функціональним і потужним, але якщо воно незручне, незрозуміле, то користуватися ним не будуть.

### **Інтерфейс додатків: 3 критерії оцінки**

Щоб зрозуміти, наскільки ефективний інтерфейс мобільного додатка, необхідно звернути увагу на певні чинники. Вони допоможуть визначити якість інтерфейсу і його можливості.

1. Оптимізація часу. Важливо, скільки користувач проводить часу, щоб знайти потрібну інформацію або функцію. Є думка, що він повинен знайти відповідну інформацію в 3 кліка. Насправді, куди важливіше оптимізувати інтерфейс і зробити його зрозумілим, навігація повинна бути легкою і доступною.

2. Емоційний зв'язок. Користувач, проводячи час у додатку, повинен отримувати задоволення від того, що відбувається. Позитивні кольору, доброзичливі форми, інтерактивність і втягування уваги користувача допоможуть зробити інтерфейс мобільного додатка дружнім і цікавим.

3. Рівень інтуїтивності. Уявіть, що ви вперше увійшли в додаток. Наскільки він вам зрозумілий? Чи можна розібратися в функціоналі, не відкриваючи відео уроки на Ютубі?

Ергономіка, комфорт і простота, сучасні технології, інтерактивність - все це повинно об'єднуватися в одну систему. Тоді рівень довіри до додатка зростає.

### **5 правил для створення інтерфейсу додатків**

#### *1. Думати як користувач*

Зрозумійте, хто ваш клієнт, хто саме буде користуватися додатком, для яких цілей воно буде потрібно користувачеві. Якщо це інструмент продажів, основний кнопкою буде «Купити». Якщо це інформаційний додаток, зручна навігація - головний елемент. Важливо розуміти звички, захоплення, потреби цільової аудиторії.

#### *2. Нічого зайвого*

Знаєте, чому на дорозі рідко можна зустріти більше 3 автомобільних знаків відразу? Тому що водій розгубиться і не зможе орієнтуватися по ним, якщо їх буде більше. Інтерфейс програми - це така ж «дорога» зі своїми знаками. Вона повинна бути легкою і зрозумілою. Нічого зайвого, тільки важливі частини.

#### *3. Контекст використання важливий!*

Де, коли і як використовують додаток? Які умови для цього створені? Далеко не завжди людина застосовує програму в лабораторних умовах. Будинки, в комфортній обстановці, затишку і теплі. Нерідко це стресові місця. Автобус, в якому постійна тряска, вулиця, де шумно і денне світло перебиває яскравість екрану. Або навпаки, пізня ніч, погана погода. Потрібно враховувати де буде використовуватися додаток. Наприклад, службу таксі часто замовляють саме на вулиці, а не вдома.

#### *4. Всі взаємопов'язані елементи логічно з'єднані*

Логіка - основа комфортної взаємодії користувача з додатком. Уявіть, якби піч стояла не на кухні. Щоб додати сіль в блюдо, доводилося б йти в іншу кімнату за нею, потім повертатися. У додатку всі елементи повинні бути з'єднані і логічно пов'язані. У момент оплати нехай користувач вибирає спосіб оплати і доставки, а не шукає його окремо.

#### *5. Ієрархія за важливістю*

Ми завжди читаємо зліва направо. Це звичка. Розташування важливих елементів в лівій частині програми - це правило. Воно безпосередньо пов'язане зі звичкою. У правому нижньому кутку - найменш важливі елементи. Креатив дизайнерів не здатний боротися зі звичкою.

Важливо дотримуватися ієрархію розташування елементів, тоді додаток буде органічним і зручним у використанні.

**Результати досліджень.** Створення дизайну для сайту або веб-додатку - це самий суб'єктивно оцінюваний етап розробки. Інтерфейс в першу чергу повинен бути зрозумілим, простим, доступним. Потім вже красивим і стильним, адже немає сенсу від гарних кнопок і анімацій якщо вони тільки дратують і заважають. Важливо розуміти, що ти робиш все для звичайної людини, яка думає інакше і не має знань в розробці веб-додатків.

**Висновки.** Інтерфейс мобільного додатка - це потужний інструмент, від якого залежить успіх програми. Яким би класним не був функціонал, якщо інтерфейс неякісний, користувач просто не зможе оцінити всі можливості. Тому особливу увагу необхідно приділяти дизайну і проектування інтерфейсів мобільних додатків. Є ряд правил, яких необхідно дотримуватися. Є закони логіки, особливості психології людини, що впливають на розташування елементів. При розробці слід враховувати безліч нюансів, і тоді інтерфейс вийде ефективним.

#### **Список використаних джерел**

1. Купер А., Рейман Р. и Кронин Д. Інтерфейс. Основы проектирования взаимодействия. СПб.: Питер, 2017.
2. Coates D. Watches tell more than time: Product design, information, and the quest for elegance. New York: McGraw-Hill, 2003.

***ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ СИСТЕМИ***

**КОРЕКЦІЯ ГРАФІКУ НАВАНТАЖЕННЯ ЛОКАЛЬНОГО  
ОБ'ЄКТУ З ГІБРИДНОЮ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЮ СИСТЕМОЮ ЗА  
ВИКОРИСТАННЯМ ДАНИХ ПРОГНОЗУ**

*Марченко<sup>1</sup> Р. М.* – гр. ДФЕЕЕ-20, аспірант, *r.marchenko@ukr.net*

*Ishchuk<sup>2</sup> V.* – студент, гр. 2ZSV1A, *ishchuk@stud.uniza.sk*

*Циганенко<sup>1</sup> І.А.* – студент, гр. БМЕ-17, *patrickzirko888@gmail.com*

*Шавьолкін О.О.* – д.т.н., проф., *shavolkin@gmail.com*

<sup>1</sup>*Київський національний університет технологій та дизайну, Україна*

<sup>2</sup>*University of Žilina, Slovak Republic*

*Розглянуто можливості удосконалення управління енергоспоживанням і перерозподілом енергії фотоелектричної системи з акумулятором для забезпечення власних потреб локального об'єкта, який підключено до розподільчої мережі з тризонною тарифікацією. Мета зменшення витрат на оплату електроенергії, що споживається з мережі за рахунок поточної корекції графіку навантаження об'єкту за використанням даних прогнозу. Запропоновано поточне коригування рекомендованого графіку навантаження згідно прогнозного значенню потужності фотоелектричної батареї та її фактичному значенню, а також поточному значенню ступеню заряду акумулятору. Це дозволяє врахувати відхилення потужності навантаження від рекомендованого значення і потужності фотоелектричної батареї від прогнозного значення. Розроблена імітаційна Matlab модель для дослідження енергетичних процесів в системі з можливістю поточного корегування навантаження об'єкту в процесі моделювання.*

*The possibilities of improving the management of energy consumption and redistribution of energy of a photoelectric system with a storage battery for own needs of a local object, which is connected to a distribution grid with three-zone tariffication, are considered. The goal is to reduce the cost of paying for electricity consumed from the grid, due to the current correction of the object's load schedule using the forecast data. The current correction of the recommended load schedule is proposed in accordance with the predicted power value of the photoelectric battery and its actual value, as well as the current value of the battery state of charge. This allows you to take into account the deviation of the load power from the recommended value and the power of the photoelectric battery from the predicted value. A simulation Matlab model has been developed for studying energy processes in the system with the possibility of current adjustment of the object's load in the process of modeling.*

**Вступ.** «Зелена» енергетика твердо зайняла своє місце в сучасному житті. Це стосується і «малої» енергетики, зокрема локальних об'єктів ЛО (котеджі, мале підприємство, сільськогосподарське підприємство, торговий центр та ін.). Використання гібридних фотоелектричних систем (ФЕС) з акумуляторною батареєю (АКБ) та підключенням до розподільчої мережі (РМ) сприяє підвищенню надійності електропостачання за рахунок функції безперервного живлення (за використанням сонячної генерації та енергії АКБ). В цьому разі практично відсутня зацікавленість у продажу електроенергії за «зеленим» тарифом поряд із забезпеченням власних потреб ЛО, що потребує завищення потужності ФЕС та оформлення дозволу. До того ж з впровадженням енергоринку [1,2] підходи до «зелених» тарифів змінюються [1]. В цьому плані перспективним є прийнятий зараз в світовій практиці підхід, коли споживач є проз'юмером [3,4] і енергія споживається там, де вона генерується. Це частково знімає проблеми з управлінням генерацією в енергосистемі та необхідністю забезпечення балансу енергії. Природно, що за цього повинно забезпечуватися зниження витрат на споживання електроенергії з РМ, особливо з урахуванням постійного зростання тарифів. Особливо перспективним є використання ФЕС з АКБ за умови багатозонної тарифікації [5, 6] з перерозподілом енергії між тарифними зонами. Актуальним є питання удосконалення управління енергоспоживанням і перерозподілом енергії в ФЕС для підвищення їх ефективності.

**Постановка проблеми.** Рішення щодо удосконалення ФЕС з АКБ [6-9] здебільшого орієнтовані на використання за багатозонної тарифікації оплати [6, 9] і пов'язані з розвитком алгоритму функціонування з прив'язкою перемикачів режимів роботи до часу тарифних зон, керування надходженням енергії з фотоелектричної батареї (СБ) і зарядом АКБ. За цього з'являється можливість виключення споживання енергії в часи пікових навантажень.

Реальне підвищення ефективності управління енергоспоживанням ФЕС досягається за визначеного (рекомендованого) графіка навантаження з можливістю планування навантаження ЛО на наступну добу, що може бути реалізовано на підставі даних метеопрогнозу щодо генерації енергії СБ [7, 8, 9]. За цього сценарії щодо графіку навантаження [9] формуються з метою мінімальних витрат на оплату енергії, спожитої з РМ, згідно прогнозу генерації ФБ. Також не враховується розбіжність прогнозу з фактичною генерацією. Для прогнозування генерації СБ використовуються різні підходи [10 - 13], найсучаснішим є використання нейромереж [12,13]. Проте, навіть за абсолютно точного прогнозу, в реальних умовах



відпрацьовування рекомендованого графіку не є можливим. Це призводить до неможливості отримання прогнозованих показників системи. В цьому плані перспективним виглядає поточне корегування рекомендованого графіку навантаження згідно фактичним параметрам системи.

Потужним інструментом для дослідження і оцінки ефективності управління енергоспоживанням ФЕС з АКБ є імітаційне моделювання [14-16], зокрема з використанням Matlab. За цього з'являється і можливість корегування рекомендованого навантаження у «реальному» часі, що потребує додаткових досліджень.

**Метою роботи** є удосконалення управління енергоспоживанням і перерозподілом енергії підключеної до РМ з тризонною тарифікацією ФЕС з АКБ за рахунок поточного корегування рекомендованого графіку навантаження згідно прогнозу генерації СБ і фактичним параметрам системи.

**Завдання дослідження:**

- вивчити можливості поточного корегування графіку навантаження згідно прогнозу генерації СБ і фактичним параметрам системи;
- розробити імітаційну модель системи та оцінити ефективність прийнятих рішень.

**Результати досліджень.** Розглянуто структуру ФЕС з АКБ на базі стандартного гібридного інвертору типу Ахіота Energy ISMPPT 3000 [9], що містить інвертор (АІН), вихід якого підключено до РМ і навантаження ЛО. До входів АІН підключені СБ і АКБ. Розглянуто роботу ФЕС при тризонній тарифікації оплати за спожиту з мережі електроенергію. Прийнято наступні умовні відносні тарифи: денний  $T_D=1$  (11.00 - 20.00), нічний  $T_N=0.4$  (22.00 - 7.00), піковий ранковий  $T_P=1.5$  (7.00 - 11.00), піковий вечірній  $T_B=1.5$  (20.00 - 22.00). Ступінь розряду (DOD-depth of discharge) і кількість циклів розряду  $n_{ЦР}$  при цьому визначають термін служби АКБ. Зазвичай для свинцево-кіслотних АКБ [17] прийнятна ступінь розряду не перевищує 30-50%. Отже, ступінь заряду АКБ  $Q^*=100 \cdot Q/Q_r \leq 80\%$  ( $Q$  і  $Q_r$  – відповідно, поточне і номінальне значення ступеня заряду) необхідно обмежувати (не нижче 50 %) і підтримувати в активній зоні, наприклад, 75÷80 % [9]. За цього використовується релейне регулювання надходження енергії від СБ [9] шляхом відключення СБ.

Розглянуто використання рекомендованого графіку навантаження РНРЕК(t) (рис.1) ЛО, що формується за даними прогнозу РСБП [9] та контрольними значеннями  $Q^*$  протягом доби. За цього споживач може напередодні спланувати функціонування обладнання ЛО.

Згідно рис.1 графік навантаження розподілено на наступні зони роботи: байпас з підключенням до РМ ( $t_6, t_1$ ) із зарядом АКБ майже до 100% (приймаємо  $Q^*_1=95\%$ ); автономний режим ( $t_1, t_4$ ), коли АКБ зранку розряджається, із зростанням РСБ АКБ заряджається, в передвечірні часи

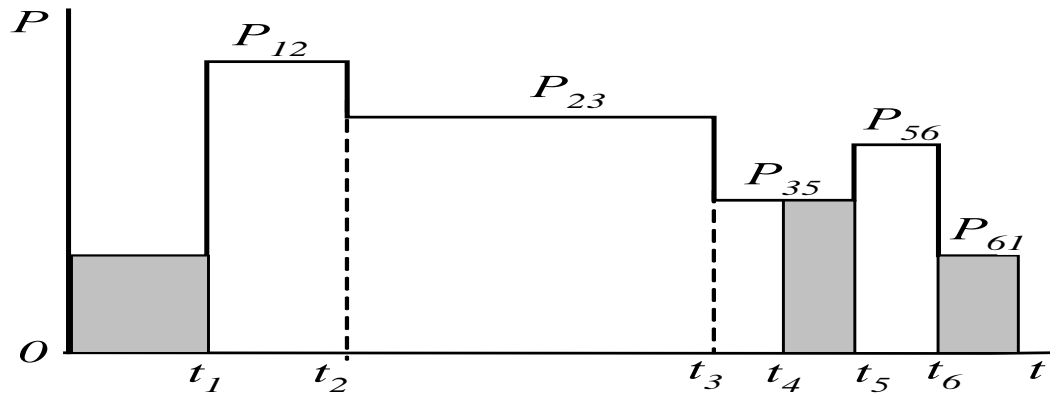


Рисунок 1 – Графік навантаження ЛО

розряджається і  $Q^*$  к моменту  $t_4$  має бути достатньою, щоб АКБ встиг зарядитися хоча б до 85% к часу  $t_5$ ; байпас ( $t_4, t_5$ ); автономний режим ( $t_5, t_6$ ), коли АКБ розряджається до  $Q^* \geq 50\%$ . Змінним є момент часу  $t_4$ .

Основою для формування рекомендованого графіка навантаження є метеопрогноз, який протягом дня може змінюватися, прогнозовані значення  $P_{СБП}$  відрізняються від фактичної генерації  $P_{СБФ}$ . Значення, які може приймати фактичне навантаження ЛО, мають певну дискретність і не можуть точно відповідати рекомендаціям, також слід враховувати і особливості функціонування ЛО. Таким чином, виникає необхідність поточної коригування рекомендацій, що можливо на базі значень  $P_{СБП}$  і  $P_{СБФ}$ , а також фактичного ступеня заряду  $Q^*_\phi$ . Оновлення рекомендацій має здійснюватись періодично, наприклад, з інтервалом 30 хвилин.

Використовується усереднене значення  $P_{СБФ_i}$  на інтервалі 5-10 хв, що передує моменту часу  $t_i$ , коли вноситься корекція. Визначається значення  $p_i = P_{СБФ_i} / P_{СБП_i}$  ( $P_{СБП_i}$  – прогнозне значення на момент  $t_i$ ). Значення енергії СБ на відповідній ступені  $P_{НРЕК}(t)$ , починаючи з  $t_i$  приймається рівним  $W_{СБ_i} = p_i \cdot W_{СБП_i}$  ( $W_{СБП_i}$  - прогнозне значення). Значення  $P_{НРЕК}(t)$  перераховується за відповідним поточної ступені графіка виразами [9]. Значення  $\Delta Q^*$  за цього визначаються згідно  $Q^*_\phi$  і контрольним значенням  $Q^*$ . У наступній точці коригування  $t_{i+1}$  процедура аналогічна.

**Імітаційне моделювання енергетичних процесів в системі.** Здійснювалось з використанням програмного пакету Matlab в добовому циклі. За цього не враховуються перехідні процеси, тривалість яких незначна, та вищі гармоніки, що генеруються в процесі перетворень

енергії. Втрати енергії в напівпровідникових перетворювачах та АКБ враховуються через ККД, відповідно,  $\eta_C$  та  $\eta_B$ .

Загальна структура моделі (рис.2) містить наступні модулі: навантаження  $P_H(t)$  у табличному вигляді; модуль генерації і корекції (МГ+КОР); системи керування (СК); модуль розрахунку (МР); модуль вимірювання; модель АКБ.

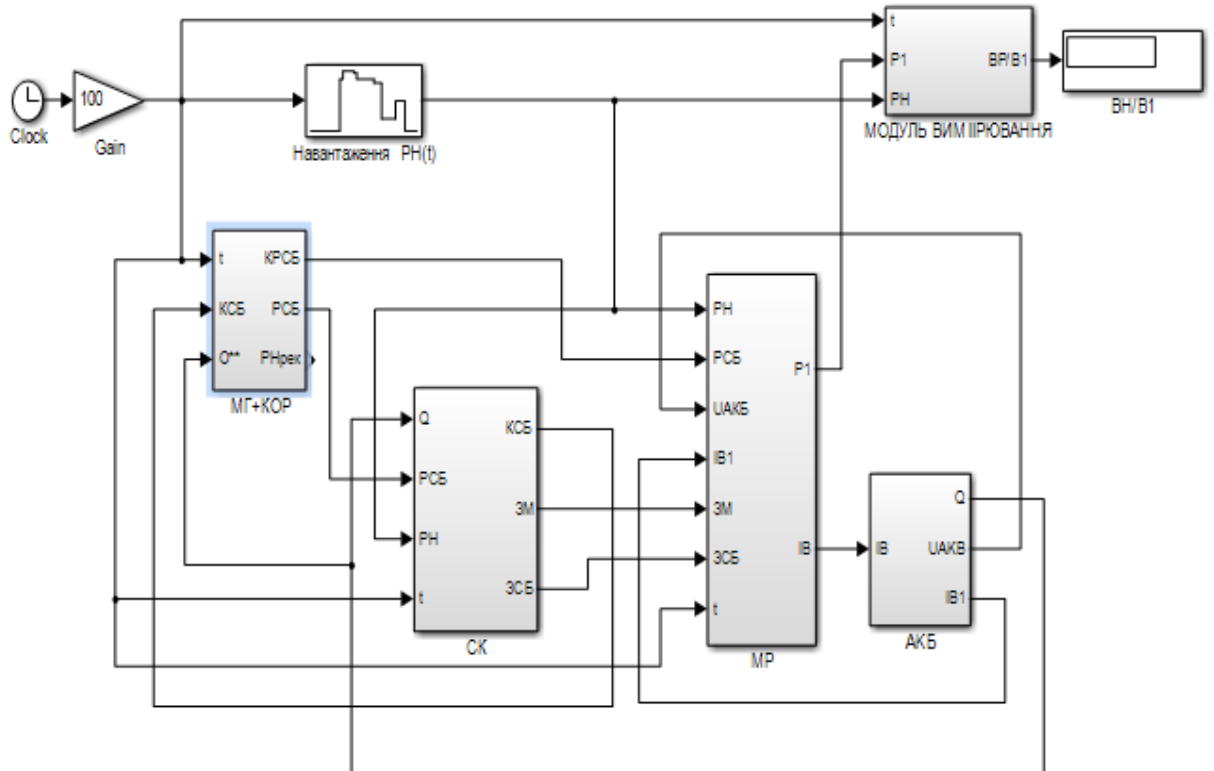


Рисунок 2 – Загальна структура моделі

Модуль вимірювання використовується для оцінки ефективності ФЕС [9] згідно співвідношенню  $K_E = B_H / B_1$  ( $B_H$  - вартість енергії, споживаної ЛО за добу;  $B_1$  - вартість енергії, споживаної ЛО з мережі). Значення  $K_E$  дозволяє оцінити, наскільки знижуються витрати на оплату енергії, споживану з мережі з урахуванням тарифних коефіцієнтів (0.4, 1.0, 1.5).

$$K_E = \frac{0.4(t_6 - t_1)P_{HH} + 1.5[P_{12}(t_2 - t_1) + P_{56}(t_6 - t_5)] + P_{25}(t_5 - t_2)}{0.4(t_6 - t_1)P_{HH} + 0.4W_{BH} + 1.0W_{B45} + P_{45}(t_5 - t_4) - W_{CB45}^1},$$

де  $P_{HH}$  - потужність нічного навантаження,  $W_{BH} = 0.01\Delta Q^*_{61} W_{Bf}$  - енергія, що споживається з РМ за нічного заряду АКБ,  $W_B = C_B U_B$  - енергоємність АКБ,  $C_B$  - ємність (Агод),  $U_B$  - напруга АКБ,  $W_{Bf} = W_B \eta_C \eta_S$ ,  $W_{B45} = 0.01\Delta Q^*_{45} W_{Bf}$  - енергія, що споживається з РМ за денного заряду

АКБ під часу байпасу,  $W_{CB45}^I = W_{CBV45} \cdot \eta_B \cdot \eta_C$  - енергія, що генерується СБ на інтервалі  $(t_4, t_5)$ .

МР визначає значення потужності  $P_I$ , що споживається з РМ (в автономному режимі  $P_I=0$ , за підключенням навантаження до РМ –  $P_I = P_H + (U_B \cdot I_B - P_{CB} \cdot \eta_C)$ ). Значення струму АКБ  $I_B$  при підключенні до РМ

$$I_B = \frac{P_{CB} \cdot \eta_C + P_{Ia} \cdot \eta_C}{U_B}$$

де  $P_{Ia}$  – потужність, що споживається з РМ, коли  $P_{CB}$  недостатньо для забезпечення заряду АКБ с заданим значенням струму з врахуванням обмеження, що задається як  $I_B(Q^*)$ .

Значення  $I_B$  в автономному режимі

$$I_B = \frac{P_{CB} \cdot \eta_C - P_H}{U_B}$$

СК формує сигнали ЗМ, ЗСБ (визначають заряд при підключенні до РМ і в автономному режимі), значення потужності  $K_{CB} = P_{CB} \cdot K_I$  з урахуванням стану реле для підключення СБ.

В бібліотеці Matlab передбачено стандартну модель АКБ. Проте прийнято рішення використати модель, що побудована за каталожними даними конкретної АКБ [17]. За цього заряд АКБ з урахуванням втрат енергії

$$Q = Q_s + \int I^I_B dt,$$

де  $Q_s$  – початкове значення,  $I^I_B = I_B \cdot \eta_B$  – при заряді і  $I^I_B = I_B / \eta_B$  – при розряді АКБ.

Значення  $I_B$  формується відповідно до зарядних характеристик АКБ [17] як залежність  $I_B(Q^*)$ . У режимі розряду введено обмеження допустимого значення  $I_{Brcmax}$  для 30 хв. Це реалізовано при використанні регульованого обмеження, коли верхня межа задається  $I_B(Q^*)$ , а нижня  $I_{Brcmax}$ . Напряга АКБ також задається як залежність  $U_B(Q^*)$ .

Потужність генерації ФБ (прогнозована і фактична) задається в табличному вигляді.

Блок поточної корекції генерації входить до складу модуля МГ+КОР. Корекція здійснюється з кроком 0.5 год. Визначення величин за цього здійснюється блоками вибірки та зберігання (рис. 3), що у момент часу 7.00, 7.30, 8.00,... (визначається генератором імпульсів) заносять значення величини до інтегратору і зберігають до наступного моменту часу. Такі модулі застосовані в каналі  $Q^*$ , фактичної і прогнозованої генерації СБ, які задаються в табличному вигляді. В табличному вигляді також задано залежності *time* – тривалість часу до перемикання на наступну ступінь

$P_{HPEK}(t)$ , відповідні значення прогнозованої енергії  $W_{CBП}$ , контрольні значення  $Q^*$ . Корекція здійснюється тільки на інтервалі  $(t_1, t_3)$ , на інших інтервалах  $P_H(t)=P_{HPEK}(t)$ , що також надається у табличному вигляді.

Розглянуто використання корекції на інтервалі  $(t_1=7.00, t_3=16.30)$ . Корекція здійснювалась в процесі моделювання з використанням програмованої паузи в розрахунку. Після зупинки моделювання змінювалось значення потужності навантаження з завданням наступної зупинки.

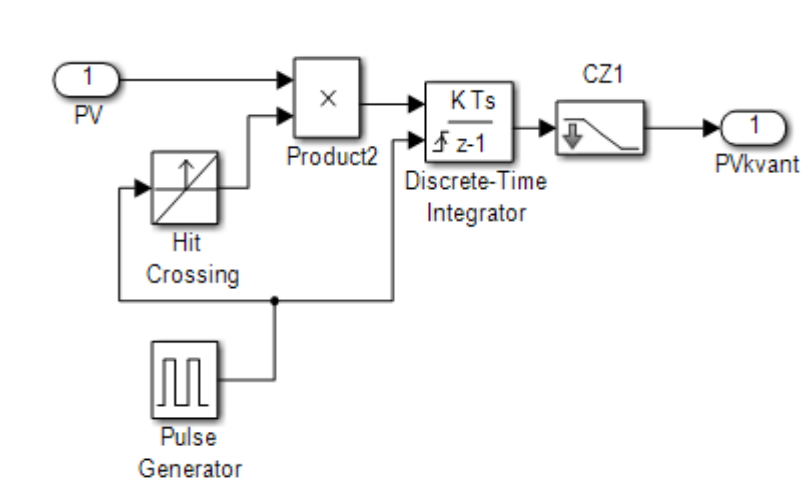


Рисунок 3 – Модуль вибірки та зберігання

В ідеальних умовах для ясного дня червня ( $P_{CBФ}(t)=P_{CBПР}(t)$ ) і навантаженні  $P_{HPEK}(t)$  значення  $k_E=5.63$ . При незначній розбіжності значень  $P_{CBФ}(t)$  і  $P_{CBПР}(t)$  на окремих інтервалах часу (рис.4, б) і  $P_{HPEK}(t)$  значення  $k_E=4.01$ . У разі поточної корекції потужності навантаження (рис. 4, а)  $k_E=5.307$ .

У разі, коли фактична генерація вище  $P_{CBФ}(t)>P_{CBПР}(t)$  особливої необхідності в корекції немає, оскільки  $k_E$  збільшується, так  $P_{CBФ}(t)=1.15P_{CBПР}(t)$  значення  $k_E=5.735$ . При використанні корекції  $k_E = 6.206$ .

**Висновки.** В результаті досліджень показано, що використання поточної корекції рекомендованого навантаження дозволяє підтримувати близькі до розрахованих значень витрат у разі відхилення фактичних значень потужності генерації ФБ від прогнозованих до 10-15 %. Результати моделювання системи з використанням програмного пакету Matlab підтверджують працездатність запропонованих рішень. Подальшим напрямком роботи є розвиток рішень з предиктивним керуванням зарядом АКБ у разі аварійного функціонування системи за відключенням напруги РМ.

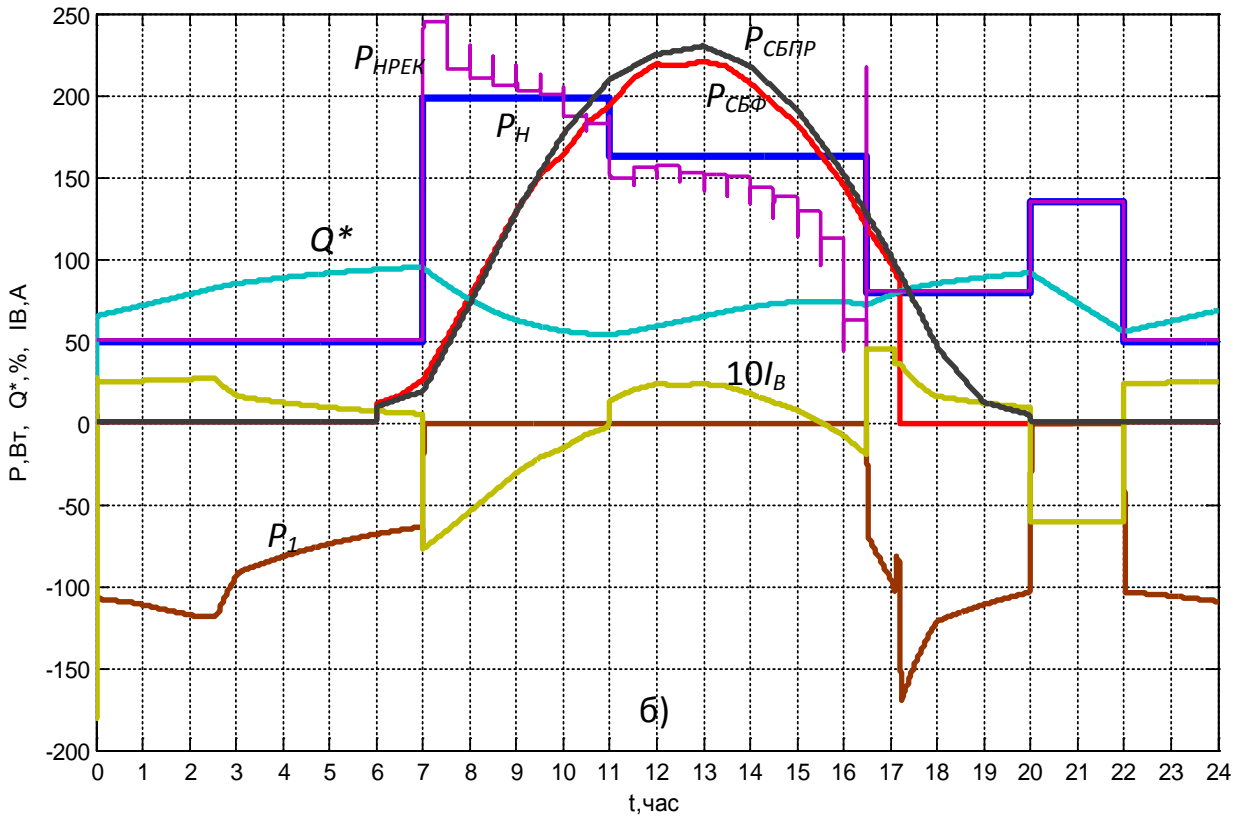
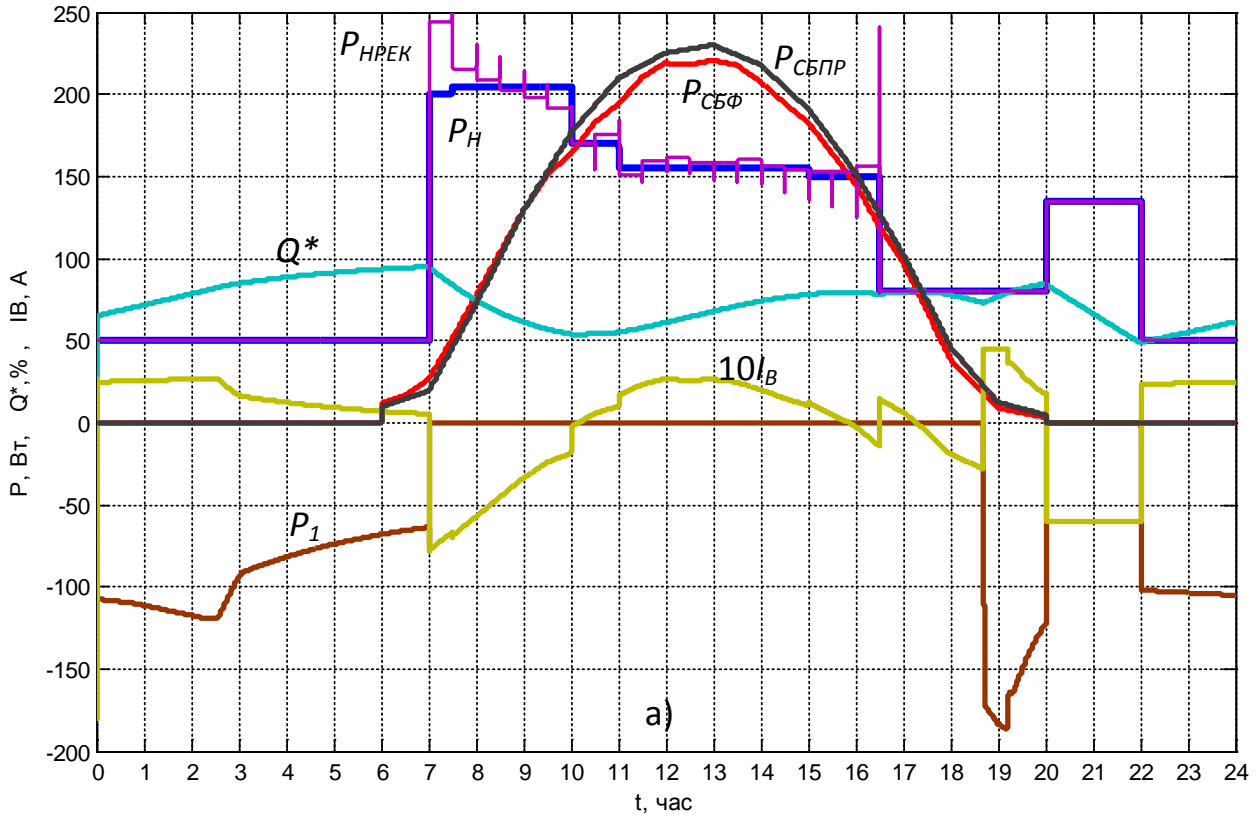


Рисунок 4 - Осцилограми добового циклу роботи ФЕС:

а) з корекцією навантаження; б) без корекції

### Список використаних джерел

1. Про внесення змін до деяких законів України щодо удосконалення умов підтримки виробництва електричної енергії з альтернативних джерел енергії: Закон України від 21.07.2020. № 810-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/810-20#Text>.
2. Закон України «Про ринок електричної енергії» (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, № 27-28, ст.312) <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#top>.
3. Moira L. Nicolson, Michael J.Fell, Gesche M.Huebner. Consumer demand for time of use electricity tariffs: A systematized review of the empirical evidence. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Volume 97, December 2018, P. 276-289, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.08.040>
4. Мы из будущего: цифровизация и распределенная энергетика. <https://www.elec.ru/articles/my-iz-budushego-cifrovizaciya-i-raspredeleonnaya-en/>
5. Сотник І. М., Завдов'єва Ю. М., Завдов'єв О. І. Багатоставкові зонні тарифи в системі управління попитом на електроенергію. Механізм регулювання економіки, 2014, № 2.- С.106-113.
6. О.О. Shavolkin, I.O. Shvedchykova, Ye.Yu. Stanovsky, M.O. Pidhainyi. A multifunctional converter of the photoelectric system with a storage battery for a local object connected to a grid with multi-zone tariffication. *Наукові праці ДонНТУ. Серія: «Електротехніка і енергетика» №1(22)'2020. – С.6-12* <https://doi.org/10.31474/2074-2630-2020-1-6-12>.
7. O. Shavolkin and I. Shvedchykova, "Improvement of the multifunctional converter of the photoelectric system with a storage battery for a local object with connection to a grid," *2020 IEEE KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*, Kharkiv, Ukraine, 2020, pp. 287-292, doi: 10.1109/KhPIWeek51551.2020.9250096.
8. Shavelkin A., Shvedchykova I. Management of generation and redistribution electric power in grid-tied photovoltaic system of local object. *Technical electrodynamics*, 2020, no. 4, (July/August), pp. 55–59. doi:[10.15407/techned2020.04.055](https://doi.org/10.15407/techned2020.04.055).
9. А.А. Шавёлкин, J. Gerlici, И.А. Шведчикова, К. Kravchenko, Г.В. Кругляк. Управление энергопотреблением подключенной к сети с многозонной тарификацией фотоэлектрической системы с аккумулятором для обеспечения собственных нужд локального объекта. *Електротехніка і Електромеханіка*, 2021, № 2, с.36-12, doi: 10.20998/2074-272X.2021.2.06
10. Shvedchykova I.O., Kravchenko O.P., Romanchenko J.A., Kozakov E.V. Development of a database for predicting the solar generation in the software and technical complex for the management of electrical supply of the local object. *Scientific works of DonNTU. Series: "Electrical Engineering and Energy"*, 2020, №1(22), С. 55-61. (Ukr). doi:[10.31474/2074-2630-2020-1-55-61](https://doi.org/10.31474/2074-2630-2020-1-55-61).

11. Mohamed El-Hendawi, Hossam A.Gabbar, Gaber El-Saady & ElNobi A. Ibrahim (2018) Optimal operation and battery management in a grid-connected microgrid, *Journal of International Council on Electrical Engineering*, 8:1, 195-206, DOI: 10.1080/22348972.2018.1528662.
12. В.В. Каплун, В.М. Штепа, С.С. Макаревич. Нейромережева модель прогнозування генерації електроенергії відновлювальними джерелами у системі енергоменеджменту локальних об'єктів. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2019. № 2(56), С. 27-39.
13. Ю. Саєнко, В. Любарцев, Прогнозування виробництва електроенергії за допомогою сонячних панелей при використанні нейронних мереж з неповними вихідними даними. Збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної on-line конференції “Проблеми енергоефективності та автоматизації в промисловості та сільському господарстві”. – Кропивницький: ЦНТУ, 2020. – С. 27-29.
14. Обухов С.Г., Плотников И.А. Имитационная модель режимов работы автономной фотоэлектрической станции с учетом реальных условий эксплуатации. *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*, 2017. Т. 328, № 6. С. 38–51.
15. Traore, A., Taylor, A., Zohdy, M.A. and Peng, F.Z. (2017) Modeling and Simulation of a Hybrid Energy Storage System for Residential Grid-Tied Solar Microgrid Systems. *Journal of Power and Energy Engineering*, 5, 28-39. <https://doi.org/10.4236/jpee.2017.55003>.
16. Linda Barelli, Gianni Bidini, Fabio Bonucci, Luca Castellini, Simone Castellini, Andrea Ottaviano, Dario Pelosi and Alberto Zuccari. Dynamic Analysis of a Hybrid Energy Storage System (H-ESS) Coupled to a Photovoltaic (PV) Plant. *Energies* 2018, 11, 396. – p.23; doi:10.3390/en11020396, [www.mdpi.com/journal/energies](http://www.mdpi.com/journal/energies).
17. DG12-100 (12V100Ah). Available at: <https://www.ritarpower.com/products/176.html> (Accessed 15.08.2020).



## ДОСЛІДЖЕННЯ УДОСКОНАЛЕНЬ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ НАСОСНИХ УСТАНОВОК З МЕТОЮ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

*Тимошенко А.В.* – гр. БЕМ-17, бакалавр, *artemtymosh29@gmail.com*

*Злотенко Б.М.* – д.т.н., проф., *zlotenco@ukr.net*

*Київський національний університет технологій та дизайну*

*Проблема енергозбереження на межі тисячоліть перетворилась в одну з найважливіших загальнолюдських проблем. Раціональне та економне використання природних ресурсів, скорочення шкідливих викидів в атмосферу та ефективне використання електричної та теплової енергії набувають виключно важливого значення у сучасному суспільстві.*

*Україна задовольняє свої потреби в природних енергоресурсах за рахунок власного їх видобутку приблизно на 45%. У більшості країн світу рівень енергетичної самозабезпеченості такий самий або нижчий.*

*Необхідність підвищення рівня енергетичної безпеки є одним з головних завдань нашої держави на сучасному етапі її соціально-економічного розвитку.*

*Енергозбереження – заходи, спрямовані на заощадження теплової та електричної енергії, а також використання альтернативних джерел енергії. Використовуючи різні джерела енергії та технології, можна по-різному досягати корисного ефекту (зменшення втрат енергії при її перетворенні та зниження негативного впливу споживання енергії на довкілля).*

*The problem of energy saving at the turn of the millennium has become one of the most important universal problems. Rational and economical use of natural resources, reduction of harmful emissions into the atmosphere and efficient use of electricity and heat are becoming extremely important in modern society.*

*Ukraine meets its needs in natural energy resources through their own production by about 45%. In most countries of the world the level of energy self-sufficiency is the same or lower.*

*The need to increase the level of energy security is one of the main tasks of our state at the present stage of its socio-economic development.*

*Energy saving - measures aimed at saving heat and electricity, as well as the use of alternative energy sources. Using different energy sources and technologies, it is possible to achieve a beneficial effect in different ways (reduction of energy losses during its conversion and reduction of the negative impact of energy consumption on the environment).*

## **Вступ.**

Головним пріоритетом реалізації політики енергозбереження є досягнення максимальної ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів при існуючій структурі промислового виробництва, а також зменшення шкідливого впливу на довкілля [3].

Основні напрямки енергозбереження:

- зменшення споживання імпортованих енергоносіїв;
- впровадження новітніх енергозберігаючих, екологічно-чистих технологій;
- розробка більш ефективного обладнання і приладів та удосконалення існуючих;
- реконструкція зовнішнього освітлення з використанням енергозберігаючих освітлювальних приладів та автоматизованих систем управління;
- модернізація систем теплопостачання;
- впровадження енергозберігаючих освітлювальних приладів у бюджетній сфері з метою скорочення споживання електричної енергії;
- використання нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії;
- впровадження технологій електроопалення;
- популяризація енергозбереження.

Енергозбереження – це безліч різних заходів, які в сукупності повинні привести до загального зменшення споживання енергії від зовнішніх джерел, що важливо не тільки в економічному плані, але і в екологічному, оскільки зменшиться кількість шкідливих викидів і відходів. Найбільш ефективно рішення проблеми досягається шляхом поєднання різних чинників – людського, технічного, організаційного.

## **Результати досліджень.**

*Економія електроенергії технологічними установками і механізмами.*

Шляхи економії електроенергії у насосних установках [2]: підвищення ККД насосів і трубопроводів; регулювання продуктивності насосної установки; упорядкування графіку навантажень водовідливної установки; організаційні заходи. Підвищення ККД насосів забезпечується за рахунок ретельного балансування робочих коліс, регулярною заміною ущільнювачів, забезпеченням робочої точки насоса в зоні максимальних значень ККД.

Підвищення ККД трубопроводу може відбуватися за рахунок:

- Збільшення перетину труб по всій довжині і на окремих ділянках
- Включення на паралельну роботу резервного нагнітального устаткування;
- скорочення довжини трубопроводу, заміна похилих ділянок вертикальними;
- регулярне очищення трубопроводу;
- ліквідація в трубопроводі зайвої арматури і непотрібних поворотів чи зниження їх опору згладжуванням гострих кутів;
- використання арматури з меншими значеннями коефіцієнта місцевого опору (наприклад, заміна в прийомних пристроях на всмоктувальних трубопроводах тарілчастих клапанів на кульові).

Витрата електроенергії при роботі насосної установки за рік (кВт · год/рік) визначається виразом:

$$W = \frac{0,00272 \cdot HQT}{\eta_{нс}\eta_{тр}\eta_{д}}, \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$$

де  $T$  – число годин роботи насоса за рік, год/рік;  $H$  – висота підйому води, м;  $\eta_{тр}$  – ККД трубопроводу;  $Q$  – подача, м<sup>3</sup>/г. При зміні значень величин, що входять у формулу, підраховується витрата енергії по базовому варіанту та з урахуванням впровадження енергозберігаючих заходів, різниця витрат енергії дасть економію електроенергії. Регулювання продуктивності насосної установки при використанні відцентрових насосів у даний час практично не використовується, оскільки одночасно зміняться напір і подача. Тому регулювання можливе лише в невеликому діапазоні для відпрацювання робочої точки з максимальним ККД.

Це може бути здійснено:

- за рахунок дроселювання на стороні нагнітального трубопроводу;
- використанням різного виду муфт;
- використанням регульованого електропривода.

Шляхом зміни часу включення насосної установки на період мінімального підземного навантаження можна зменшити втрату енергії в ствольовому кабелі. Зазначений захід, можливо, буде пов'язаний зі збільшенням водозбірника водовідливної установки, однак останнє може мати додатковий ефект за рахунок зменшення електроспоживання насосів.

Організаційні заходи містять:

- усунення витоків у трубопроводі;
- використання напору трубопроводу для зрошення (відпадає необхідність у насосах зрошення);
- регулярне чищення водозбірника (поліпшуються робота прийомного пристрою насосної установки і насоса);
- попередження проникнення води в шахту;
- правильна експлуатація електродвигунів насосів.

### ***Керування продуктивністю насосних установок***

Традиційні способи регулювання подачі насосних установок полягають в дроселюванні напірних ліній насосів і зміні загального числа працюючих агрегатів по одному з технологічних параметрів - тиску на колекторі в точці мережі, рівню в прийомному чи регулюючому резервуарі й ін. Ці способи регулювання спрямовані на вирішення технологічних задач і практично не враховують енергетичних аспектів транспортування води. При такому регулюванні від 5 до 15%, а в окремих випадках до 25-30% споживаної електроенергії витрачається нерационально через:

- втрати енергії в дроселюючому органі;
- створення надлишкових напорів у трубопровідній мережі;
- витоків і непродуктивних витрат води в мережі й у споживача;
- збільшення геометричного підйому при відкачці води з резервуарів каналізаційних насосних станцій і т.д.

Тому з появою надійного регульованого електропривода створилися передумови для розробки принципово нової технології транспортування води з плавним регулюванням робочих параметрів насосної установки без непродуктивних витрат електроенергії із широкими можливостями підвищення точності й ефективності технологічних критеріїв роботи систем водопостачання [1, 4]. При цьому геометричним місцем робочих точок насосної установки стають характеристики трубопроводів, а не характеристики насосів як у випадку регулювання подачі насосних агрегатів з постійною частотою обертання. Однак саме по собі оснащення насосної установки регульованим електроприводом не гарантує економії електроенергії. Щоб одержати економію електроенергії необхідно наступне. По-перше, переконатися в потенційній можливості її економії на об'єкті з урахуванням його технологічних, гідравлічних і режимних характеристик, а, по-друге, розробити раціональні технічні рішення з урахуванням додаткових капітальних витрат на їх впровадження і здійснити такий алгоритм керування насосною установкою, при якому практично реалізується потенційна можливість економії електроенергії.

## ***Енергозбереження шляхом встановлення тиристорних перетворювачів***

Багато виробників насосного обладнання поставляють вже укомплектованими частотними перетворювачами. У паспортних даних насосів без регуляторів зазвичай вказують конкретні моделі перетворювачів, сумісних з електродвигунами агрегатів [5]. Однак, за відсутності цієї інформації, при модернізації і реконструкції насосних станцій з двигунами старого зразка виникає питання вибору ЧП. Підбір регулятора здійснюється за такими характеристиками:

➤ Типу електродвигуна. Кількість фаз ЧП повинна відповідати типу електродвигуна. При використанні трифазного електродвигуна в однофазній мережі установка частотного регулятора дозволяє вирішити проблему запуску електричної машини без зовнішнього конденсатора.

➤ Електричним характеристикам. Напруга і споживаний двигуном насоса струм повинні збігатися з аналогічними параметрами ЧП. Потужність перетворювача повинна бути більше потужності приводу насосного агрегату на 15-30%. При виборі за цими параметрами слід звернути увагу, що насосні агрегати однієї потужності можуть мати різні номінальні струми.

➤ Діапазону регулювання частот. Цей параметр визначає швидкість обертання електродвигуна, а отже і продуктивність насоса. Для правильного вибору необхідно знати характеристики мережі водопостачання та інші параметри. Для циркуляційних насосів систем охолодження і тепlopостачання зазвичай досить ЧП 200-350 Гц, для скважних і глибинних насосів - від 200 до 600 Гц.

➤ Числа аналогових і цифрових входів і виходів. Кількість роз'ємів перетворювача частоти має збігатися з числом датчиків, пристроїв оповіщення та інших пристроїв, що підключаються. На випадок модернізації системи краще придбати ЧП з великою кількістю керуючих входів.

➤ За підтримуваним протоколом зв'язку. Для коректного обміну даними з автоматизованими пристроями управління або віддаленого контролю параметрів, потрібен частотний перетворювач, що підтримує використовуваний в CAN протокол (CAN, LAN або інші).

➤ Наявності пульта дистанційного керування. Для насосних станцій і агрегатів, розташованих в важкодоступних місцях, доцільно підібрати частотний перетворювач з виносною керуючою панеллю.

Комплектування електродвигунів насосних агрегатів частотними перетворювачами забезпечує:

- Плавне включення і зупинку насосів, що знижує ймовірність гідравлічних ударів у системі.

- Спрощення автоматичного регулювання із зворотним зв'язком по напору, тиску, іншим параметрам мережі. Аналогові виходи витратомірів і манометрів можна підключати безпосередньо до частотного перетворювача.

- Захист насосних агрегатів від "сухого ходу" перевантажень. Відключення електродвигунів при перегріванні обмоток, обриві однієї або декількох фаз, скачках напруги та інших аваріях.

- Збільшення терміну служби мережі водопостачання за рахунок точної підтримки необхідного тиску, зниження навантаження на трубопровід.

- Зниження шуму при експлуатації насосних агрегатів.

- Можливість інтеграції в багаторівневі системи автоматизації та телемеханічного управління.

Головними перевагами частотно-регульованого привода насосних агрегатів є зниження енергоспоживання на 35% і більше, оптимізація параметрів систем водопостачання, економія води, тепла.

**Висновки.** В результаті проведеного аналізу, досліджень було виявлено, що енергозбереження посідає надважливе місце для будь-якого підприємства. Тому з метою економії електроенергії бажано підвищувати ККД кожного елемента працюючої технологічної установки. Не менш важливе місце посідає і керування продуктивністю установки, а найкращий засіб його досягнення – це установка тиристорного перетворювача, який дозволить не лише керувати параметрами електропривода, а й економити кошти за витрати на електричну енергію.

#### **Список використаних джерел:**

1. Кутін В.М. Діагностика електрообладнання: навчальний посібник /В. М. Кутін, М.О. Ілюхін, М.В. Кутіна. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 161 с.

2. Леонов Б.С. Энергосбережение и регулируемый электропривод в насосных установках. – М.: ИК "Ягорба" – "Биоинформсервис", 1998. – 180 с.

3. Маляренко В.А. Энергетика докілья, енергозбереження / В.А. Маляренко, Л.В. Лисак. – Харків: Рубікон, 2004. – 360 с.

4. Москаленко В. В. Электрический привод. – М.: Академия, 2007. — 362 с.

5. Руденко В.С., Сенько В.И., Чиженко И.М. Основы преобразовательной техники: Учебник для вузов. – М.: Высш. школа, 1980. – 424 с.

## ВИКОРИСТАННЯ ВІДКРИТИХ ВЕБ-РЕСУРСІВ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ГЕНЕРАЦІЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ МОДУЛІВ

*Підгайний М.О.* – гр. ДФЕЕЕ-20, аспірант, [pidhainyi.mykola@gmail.com](mailto:pidhainyi.mykola@gmail.com)

*Пісоцький А.В.* – гр. ДФЕЕЕ-20, аспірант, [a.pesotskii@gmail.com](mailto:a.pesotskii@gmail.com)

*Становський Є.Ю.* – гр. ДФЕЕЕ-19, аспірант, [junya080295@gmail.com](mailto:junya080295@gmail.com)

*Шведчикова І.О.* – д.т.н., проф., [shvedchykova.io@knutd.edu.ua](mailto:shvedchykova.io@knutd.edu.ua)

*Київський національний університет технологій та дизайну*

*Проведений аналіз методів прогнозування сонячної генерації в фотоелектричних системах. Обґрунтована можливість прогнозування генерації фотоелектричних модулів та формування рекомендованого графіка навантаження в програмно-технічному комплексі управління електроспоживанням локального об'єкту за даними метеопрогнозу, отриманими з відкритих веб-ресурсів.*

*The analysis of methods of forecasting of solar generation in photovoltaic systems is carried out. The possibility of forecast of photoelectric battery generation and forming a recommended load graph in the software and hardware complex of power consumption management of a local object according to the meteorological forecast, obtained from open web resources, is substantiated.*

**Вступ.** Оперативне управління електроспоживанням фотоелектричних систем (ФЕС) з акумуляторними батареями (АКБ) для забезпечення потреб локальних об'єктів (ЛО) потребує прогнозної інформації щодо генерації електроенергії фотоелектричними модулями. Для управління електроспоживанням ЛО призначені програмно-технічні комплекси (ПТК). Прогнозування генерації фотоелектричних модулів в ПТК необхідне для формування рекомендацій по графіку навантаження в нормальному і позаштатному режимах роботи з корекцією відхилень навантаження від даних прогнозу. Це, в свою чергу, дозволяє здійснювати планування режимів функціонування ЛО, забезпечуючи зменшення споживання електроенергії з розподільчої мережі в години пікових навантажень [1].

Для прогнозування генерації електроенергії відновлювальними джерелами знайшли використання нейронні мережі [2, 3]. Недоліком цього підходу є тривалі часові витрати на виконання процедури навчання нейронних мереж.

На сьогодні ряд веб-сайтів, зокрема NASA [4], PVGIS [5] та Метеопост [6] надають архіви статистичних даних сонячної радіації та

інших метеорологічних показників за декілька років для будь-яких географічних координат. Так, наприклад, в роботі [7] наведені результати обробки статистичної інформації, отриманої за допомогою геоінформаційної бази даних PVGIS [5] (належить Європейському центру досліджень – Joing Research Centre), для визначення значень сонячної радіації на горизонтальну та похилу поверхню для оцінювання ефективності роботи трьох сонячних електростанцій, розташованих в селищах України з різними географічними координатами. В [8] пропонується використовувати архівні статистичні дані сонячного випромінювання для складання бази даних ясних днів та визначення погодинного коефіцієнту хмарності. У той самий час залишається відкритим питання щодо можливості використання відкритих веб-ресурсів для прогнозування генерації фотоелектричних модулів.

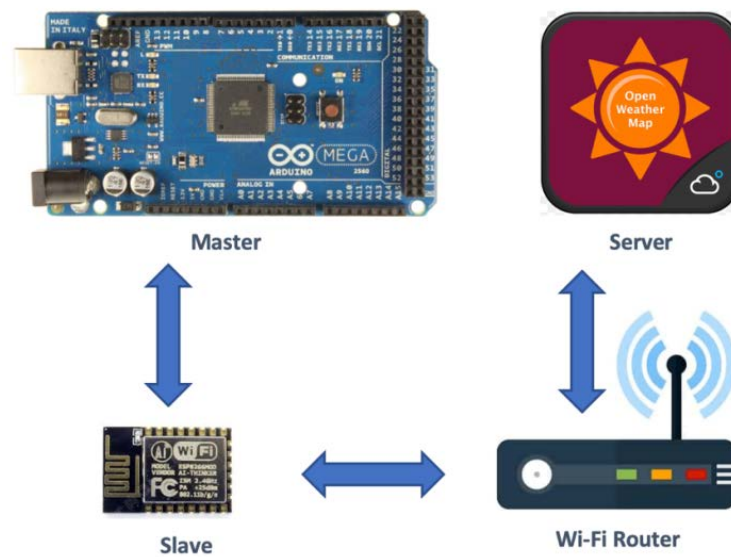
**Метою роботи** є обґрунтування можливості використання відкритих веб-ресурсів для прогнозування генерації фотоелектричних модулів та рекомендованого графіку навантаження в програмно-технічному комплексі управління електроспоживанням локального об'єкту.

**Результати досліджень.** Вхідними даними для системи прогнозування ПТК можуть служити дані короткострокового прогнозу погодних умов, серед яких найбільш важливими для прогнозування рівня генерації фотоелектричних модулів є температура та хмарність. Ці дані можна отримати, наприклад, за допомогою веб-сайту OpenWeatherMap [9], який в якості джерела інформації використовує дані офіційних метеослужб.

Структура підсистеми ПТК, що відповідає за отримання прогнозу погоди, представлена на рис. 1. Мікроконтролер (МК) Slave через бездротову Wi-Fi мережу маршрутизатора Wi-Fi Router пов'язаний з мережею Інтернет. Для отримання даних прогнозу погоди (температури навколишнього середовища та хмарності) служить безкоштовний API (Application Programming Interface – інтерфейс прикладного програмування) сервер <https://openweathermap.org> [9]. МК Slave постійно опитує порт зв'язку з головним МК Master. За необхідності отримання прогнозу погоди Master відправляє в порт зв'язку команду. Після її отримання Slave формує запит для API виду: <http://api.openweathermap.org/data/2.5/forecast?lat=50.433334&lon=30.516666&APPID=1234567890qwertyuioplkjhgfsa123&units=metric&cnt=8>, в якому вказані географічні координати (широта N(lat) і довгота E(lon)) місця прогнозу, ідентифікатор запитувача, який формується сервером при реєстрації облікового запису (APPID), одиниці виміру (units) і кількість



трьохгодинних відрізків прогнозу (cnt). Максимальний запит становить 5 діб.



*Рисунок 1 – Структура підсистеми ПТК, що відповідає за отримання прогнозу погоди*

Сервер формує відповідь в форматі JSON (JavaScript Object Notation – текстовий формат обміну даними) і відправляє запитувачу. В мережі Інтернет достатньо ресурсів для онлайн декодування формату даних JSON, наприклад, <https://jsoneditoronline.org>. Скопіювавши і розшифрувавши дані відповіді, можна побачити присутність інформації, яка немає стосунку до даної проблеми. МК Slave виконує парсинг (процес вилучення) необхідних даних метеопрогнозу, формує і через порт зв'язку відправляє МК Master рядок з роздільниками «,» (кома), зокрема такого виду:

```
50.4500,29.9667,Kolonshchyna,UA,1589519530,1589575259,  
1589554800,04d.png,77,15,1016,42,1,222,  
1589565600,04d.png,74,15,1015,48,1,151,  
1589576400,10n.png,86,9,1014,84,0,275,  
1589587200,10n.png,100,8,1014,94,0,168,  
1589598000,10n.png,100,7,1014,95,1,140,  
1589608800,10d.png,100,8,1015,95,1,308,  
1589619600,04d.png,91,11,1016,81,4,299,  
1589630400,10d.png,21,15,1017,63,5,279.
```

Перший рядок включає дані про широту, довготу, населений пункт, країну, час сходу і заходу сонця. Наступні вісім рядків повторюються

циклічно вісім разів (добовий прогноз через три години) і містять час (формат UNIX), ім'я файлу-іконки різних видів погоди для подальшого відображення на індикаторі, підключеному до МК, хмарність неба (%), температуру ( $^{\circ}\text{C}$ ), тиск ( $P_a$ ) і вологість (%) повітря, швидкість (m/s) і напрямок (в азимутальних градусах – за годинниковою стрілкою від півночі) вітру.

Після парсингу отриманих рядків МК Master формує значення необхідних змінних метеопрогнозу для подальших розрахунків і відображення (рис. 2).

Time	Icon	Clouds,%	Temperature, $^{\circ}\text{C}$	Pressure, Pa	Humidity,%	Wind speed, m/s	Wind, $^{\circ}$
15:00	04d.png	77	15	1015	42	1	222
18:00	04d.png	74	15	1015	48	1	151
21:00	10n.png	86	9	1014	84	0	275
00:00	10n.png	100	8	1014	94	0	168
03:00	10n.png	100	7	1014	95	1	140
06:00	10d.png	100	8	1015	95	1	308
09:00	04d.png	91	11	1016	81	4	299
12:00	10d.png	21	15	1017	63	5	279

Рисунок 2 – Відображення даних метеопрогнозу

Хмарності у відсотках ставиться у відповідність хмарність в балах (1 бал – 10% хмарності, 2 бали – 20%, ..., 9 балів – 90-100%). Мікроконтролер ПТК містить в енергонезалежній пам'яті (EEPROM) погодинну базу даних ясних днів  $G_{oi}(t_i)$  у вигляді табличного масиву та погодинний масив значень коефіцієнтів хмарності  $K_{Ci}$  в залежності від балів  $b$  хмарності ( $b=0\dots9$ ) [10], за якими розраховується потужність сонячної генерації  $P^*_{PV}$  для  $i$ -ої години доби з врахуванням коефіцієнтів корисної дії контролера фотомодуля  $\eta_{CC}$  та інвертору  $\eta_{VSI}$ , відповідно,

$$P^*_{PVi} = P_{PVi} \eta_{CC} \eta_{VSI}. \quad (1)$$

Потужність  $P_{PVi}$  розраховується за формулою [11]

$$P_{PVi} = k U_{PVi} I_{PVi}, \quad (2)$$

де  $k$  – кількість фотомодулів;  $U_{PVi}$ ,  $I_{PVi}$  – напруга та струм фотомодуля, визначаються для режиму максимальної потужності ( $U_M$ ,  $I_M$ ) за паспортними даними  $U_{MP}$ ,  $I_{MP}$  фотомодуля з урахуванням температурного впливу.

Напруга  $U_M$  практично не залежить від сонячної радіації  $W_i = G_i / G_H$  ( $G_H = 1000 \text{ Вт/м}^2$  – значення сонячної радіації за нормальних параметрів навколишнього середовища – STC (Standard Test Condition)). У той час, як струм  $I_M$  залежить від  $W_i$ .

Напруга  $U_{PVi}$  визначається як

$$U_{PVi} = U_{MP} [1 - K_V(t_{fi} - t_P)], \quad (3)$$

де  $t_P$  – робоча температура (обираємо з паспортних даних, наприклад  $t_P = 45^\circ\text{C}$ );  $K_V = 0,32\% / ^\circ\text{C}$  – температурний коефіцієнт для напруги холостого ходу;  $t_{fi}$  – температура фотомодуля, яка визначається за формулою

$$t_{fi} = t_{ai} + (t_{NOCT} - 20^\circ\text{C}) \frac{G_i}{800}, \quad (4)$$

де  $t_{NOCT}$  – температура модуля для режиму *NOCT* (Normal Operating Cell Temperature) або нормального функціонування за умови  $G_{NOCT} = 800 \text{ Вт/м}^2$ ;  $t_{ai}$  – температура навколишнього середовища.

Розрахунок погодинної сонячної радіації  $G_i(t_i)$  з врахуванням хмарності для  $i$ -ої години доби здійснюється за формулою

$$G_i(t_i) = G_{Oi}(t_i) K_{Ci}. \quad (5)$$

Струм  $I_{PVi}$  визначається як

$$I_{PVi} = W_i I_{MP} [1 - K_I(t_{fi} - t_P)], \quad (6)$$

де  $K_I = 0,06\% / ^\circ\text{C}$  – температурний коефіцієнт для струму.

За розрахунковими значеннями потужності сонячної генерації  $P^*_{PV}$  обчислюється добова генерація  $W_{PVC}$  ФЕС та потужність навантаження  $P_L$  з врахуванням ступеню заряду АКБ.



Рисунок 3 – Графік рекомендованого навантаження, розрахований за даними метеопрогнозу

На рис. 3 наведений приклад відображення на сенсорному екрані дисплею Nextion NX8048T070 ПТК інформації про рекомендовану потужність навантаження ЛО, розраховану за даними метеопрогнозу.

Рекомендаційна інформація, що виводиться на сенсорний екран ПТК, дозволяє персоналу ЛО приймати рішення щодо раціонального використання обладнання протягом доби для зменшення витрат на оплату електроенергії. Таким чином, дані метеопрогнозу, отримані з відкритих веб-ресурсів, можуть служити основою для планування режимів функціонування ЛО.

**Висновки.** Обґрунтована можливість технічної реалізації прогнозу генерації фотоелектричних модулів в програмно-технічному комплексі управління електроспоживанням на основі використання метеоданих відкритого веб-ресурсу OpenWeatherMap та визначений загальний алгоритм формування рекомендованого графіку навантаження локального об'єкту за прогнозними значеннями метеоданих. В результаті проведеного дослідження встановлено, що при використанні даних метеосайту OpenWeatherMap, коли інформація по хмарності надається з дискретністю у три години, мають місце значні відхилення розрахункової прогнозованої генерації фотоелектричних модулів від фактичної. Тому предметом подальших досліджень є обґрунтування доцільності використання веб-ресурсів, зокрема <https://api.forecast.solar/> та <https://solcast.com/>, які надають безпосередній прогноз потужності сонячної батареї з годинним інтервалом, що потребує внесення відповідних змін до програмного забезпечення ПТК.

Роботу виконано за фінансової підтримки Міністерства освіти і науки України в межах науково-технічної роботи за державним замовленнями «Розробка програмно-технічного комплексу управління електроспоживанням в системах енергоменеджменту локальних об'єктів» (№ 0119U103640).

#### Список використаних джерел

1. Shavelkin A.A., Gerlici J., Shvedchykova I.O., Kravchenko K., Kruhliak H.V. Management of power consumption in a photovoltaic system with a storage battery connected to the network with multi-zone electricity pricing to supply the local facility own needs. *Electrical Engineering & Electromechanics*, 2021, no. 2, pp. 36-42. doi: <https://doi.org/10.20998/2074-272X.2021.2>.

2. Каплун В.В. Нейромережева модель прогнозування генерації електроенергії відновлювальними джерелами у системі енергоменеджменту локальних об'єктів / В.В. Каплун, В.М. Штепа, С.С. Макаревич // *Енергетика:*

економіка, технології, екологія. – 2019. – № 2. – С. 27-39.  
doi: <https://doi.org/10.20535/1813-5420.2.2019.190002>.

3. Naderipour A., Abdul-Malek Z., Zahedi Vahid M., Mirzaei Seifabad Z., Hajivand M., Arabi-Nowdeh S. Optimal, Reliable and CostEffective Framework of Photovoltaic-Wind-Battery Energy System Design Considering Outage Concept Using Grey Wolf Optimizer Algorithm – Case Study for Iran. *IEEE Access*, 2019, vol. 7, pp. 182611-182623. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2019.2958964>.

4. NASA database. [Online]. – Режим доступу: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>.

5. Photovoltaic geographical information system. [Online]. – Режим доступу: [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html#SA](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#SA).

6. Meteopost. [Online]. – Режим доступу: <https://meteopost.com/weather/archive/>.

7. Андруцкий Б. С. Эффективность солнечных электростанций на территории Украины / Б.С. Андруцкий, С. М. Пономаренко // XV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Теоретичні і прикладні проблеми фізики, математики та інформатики», 25-27 травня 2017 року, м. Київ. – Київ: ВПІ ВПК «ПОЛІТЕХНІКА», 2017. – С. 72-75.

8. O. Shavolkin, I. Shvedchykova and S. Demishonkova, "Simulation model of the photovoltaic system with a storage battery for a local object connected to a grid with multi-zone tariffication," *2020 IEEE 7th International Conference on Energy Smart Systems (ESS)*, Kyiv, Ukraine, 2020, pp. 368-372. doi: 10.1109/ESS50319.2020.9160112.

9. Openweather. [Online]. – Режим доступу: <https://openweathermap.org/>.

10. Шведчикова І.О. Розробка бази даних для прогнозування сонячної генерації в програмно-технічному комплексі управління електроспоживанням локального об'єкта / І.О. Шведчикова, О.П. Кравченко, Ю.А. Романченко, Е.В. Козаков // Наукові праці ДонНТУ. Серія: «Електротехніка і енергетика». – 2020. – №1(22). – С. 55-61.

11. Шавьолкін О.О. Перетворювальний агрегат комбінованої системи електроживлення з фотоелектричною сонячною батареєю в системі інтелектуального управління локального об'єкту / О.О. Шавьолкін, І.О. Шведчикова, М.О. Підгайний, Є.В. Лещенко // Наукові праці ДонНТУ. Серія: «Електротехніка і енергетика». – №1(21). – 2019. – С 6-13. <https://doi.org/10.31474/2074-2630-2019-1-6-13>.

**ФОТОЕЛЕКТРИЧНА СТАНЦІЯ ДВНЗ «ДОНЕЦЬКОГО  
НАЦІОНАЛЬНО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ»**

*Остренко Д.О.*, аспірант кафедри «ЕлІн», [dmytro.ostrenko@gmail.com](mailto:dmytro.ostrenko@gmail.com)  
*Колларов О.Ю.*, зав. каф. «ЕлІн», к.т.н., доц. каф., [kollarov@gmail.com](mailto:kollarov@gmail.com)  
ДВНЗ «Донецький національний технічний університет

*В даній роботі розглянуто принцип роботи станду під назвою «Фотоелектрична станція», який спроектовано та введено в експлуатацію в Донецькому національному технічному університеті, наведена математична модель цього станду. В ході дослідження була продемонстрована можливість інтеграції в математичну модель штучної нейронної мережі, в майбутньому планується зробити теж саме і на фізичному стенді, з метою прогнозування поведінки електричної мережі та передачі оператору інформацію, на комп'ютер, про можливі аварії та випадки, які йдуть перед аварійним, в енергетичній системі.*

*This article considers the principle of creation and operation of a stand called "Photovoltaic Station", which is located on the basis of "Donetsk National Technical University" in Pokrovsk. The mathematical model of this stand is also given. The purpose of this study is to analyze the operation of a real solar power plant and develop a mathematical model to predict the results that will be obtained when working with a physical model. The article uses both empirical research methods: description, measurements, experiment and comparison, and theoretical - formalization.*

*To achieve the main task in the work the following stages are performed: Development of constructive decisions concerning change of an angle of inclination of solar panels; Improving models of graphical programming of photovoltaic systems using artificial intelligence; Forecasting the results of the solar panel using neural networks; Identifying the value of the efficiency of photovoltaic installations that use optimized parameters.*

*The paper presents the method of selection and parameters of the main elements of the installation, block diagrams, electrical diagrams and models of the developed structures. A mathematical model of the stand was developed and modeled in the Matlab software package. The obtained results allowed us to conclude that the mathematical model has the same properties as a real photovoltaic station and can be used in the future to model accidents and pre-accidents in the electrical network.*

**Актуальність теми.** Одним з головних напрямів в розвитку електроенергетики України є широке впровадження та інтеграція енергоустановок, що працюють на основі відновлюваних джерел енергії,



в загальну електричну мережу. Енергоустановки, які генерують електричну енергію за допомогою використання енергії сонця та вітру набули промислових масштабів в загальній енергетиці України. Так статистика співвідношення виробленої електричної енергії в Україні на серпень 2020 року за видами генерації виглядає наступним чином: Гідроакumuлюючі станції та гідроелектростанції – 5.9%; ВДЕ (відновлювальні джерела енергії - вітрова та сонячна електроенергія) – 10.7%; Теплові електростанції – 30 %; Атомні електростанції – 52.1 %; Інші – 1.3%;

Так станом на 1 квітня 2020 року, в країні встановлено понад 2,7 ГВт об'єктів сонячної енергетики, а це майже 75% від всіх існуючих відновлювальних джерел енергії. Що дозволило Україні піднятися на двадцять третє місце в світовому рейтингу сонячної енергетики. За прогнозами [2], до 2020 року потужність встановлених об'єктів сонячної енергії в Україні збільшиться до 3 ГВт.

Також актуальність даної тематики обумовлена енергетичною стратегією України під назвою "Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність", яка передбачає збільшення використання відновлюваних джерел енергії в країні до 2035 року до значення 25% від обсягів загального первинного енергопостачання [1].

Тож, сонячна енергетика нарощує потужності в Україні і буде розвиватися і надалі, тому що:

1. В Україні багато регіонів, де обладнання для сонячної електричної станції працює з максимально ефективно, адже є високий показник рівня сонячної інсоляції, один з найвищих в країнах Європи, особливо на півдні та сході країні.

2. Існує зацікавленість зарубіжних інвесторів, через наявність в країні «зелених» тарифів, одних з найбільш високих в країнах Європи. Що в свою чергу дозволяє пришвидшити термін самоокупності фотоелектричних станцій та знову вводити нові потужності.

3. «Зелений» тариф буде поступово зменшуватися до 2030 року, але навіть це не завадить гарантовано отримувати тривалий прибуток після разового вкладення коштів в сонячну енергетику.

4. Розвиток сонячної енергетики в Україні призвів до того, що в країні почала розвиватися і галузь енергетики з виготовлення обладнання для сонячних станцій (це і трекери, контролери заряду, акумуляторні батареї саме для фотоелектрики, інвертори, допоміжні датчики освітлення, вологості, температури). А стаття 17-3 Закону «Про електроенергетику» визначає надбавки до "зеленого" тарифу при відповідного дотримання рівня (5%, 30% та 50%) використання електрообладнання українського

виробництва встановлюється і підлягає застосуванню на весь термін його дії.

5. Збільшується рівень використання обладнання українського виробництва на об'єктах електроенергетики, в тому числі на введених в експлуатацію чергах будівництва електричних станцій, які виробляють електричну енергію з альтернативних джерел енергії, визначається як сума відповідних питомих процентних показників елементів обладнання.

6. Сонячна енергетика набула промислових масштабів не тільки в Україні, а й у світі, а отже покращується і сама якість сонячних панелей (зростає ККД, використовуються нові матеріали та технології для побудови), адже в цьому є зацікавленість самих держав, а відповідно це стає завданням, які країни ставлять перед науковцями та виділяють під це кошти.

**Аналіз стану питання.** Варто зазначити, що в Україні у рамках виконання науково-дослідницької роботи вже монтуються та досліджуються СЕС (сонячні електростанції) так, наприклад, в [3] університеті «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» починаючи з 2017 відбувається ввід в експлуатацію сонячних панелей для забезпечення одного з корпусів власною, «зеленою» енергією та залученням до дослідів у своїх дослідницьких роботах студентів.

Також варто привести в приклад «Національний університет біоресурсів і природокористування України» [4], де вивчають схожу за змістом тематику - підвищення значення максимальної потужності СЕС завдяки використанню штучного інтелекту. Однак установка НУБіП пропонує використовувати для отримання максимальної потужності трекери, чим і відрізняється від тої, яка буде досліджуватися в даній роботі.

**Мета** дослідження – аналіз роботи реальної сонячної електростанції та розробка математичної моделі для прогнозування результатів, які будуть отримані при роботі з в фізичною моделлю (стендом). Для досягнення основного завдання в роботі виконуються такі етапи:

1. Розроблення конструктивних рішень, щодо змінення кута нахилу сонячних панелей.

2. Вдосконалення моделей графічного програмування фотоелектричних установок з використанням штучного інтелекту.

3. Прогнозування результатів роботи сонячної панелі за допомогою застосування нейронних мереж.

4. Виявлення значення ефективності фотоелектричних установок, які використовують оптимізовані параметри.



Для виконання математичного моделювання в дослідженні застосовувався прикладний програмний пакет Matlab. Побудова нейронних мереж також була виконана за допомогою бібліотеки програми Matlab Simulink.

В дані роботі застосовуються, як емпіричні методи дослідження: опис, виміри, експеримент та порівняння, так і теоретичні – формалізація.

Більш детально причини виникнення коротких замикань, які необхідно прогнозувати за допомогою використання штучного інтелекту, в ФЕС розглянуто в [5].

Конструктивні рішення, щодо розміщення сонячних панелей. Під час роботи постала задача зробити кут нахилу встановленої в установку сонячної панелі динамічним. Таке рішення обумовлено прагненням мати більшу кількість значень (дослідним шляхом) для побудови характеристик потужності сонячної панелі, тобто імітувати різний кут нахилу сонця лабораторним шляхом. Для цього був розроблений механізм, який включає в свій склад болтове з'єднання рухомих та нерухомих частин, що представлено на рисунку 1 конструкції (позначення 3). Для полегшення конструкції було прийнято рішення взяти за основу металевий профіль з поперечним розрізом в 40\*40 мм з стінками товщиною 4 мм. Це рішення суттєво вплинуло на загальну вагу конструкції, відповідно, значно зменшивши її.

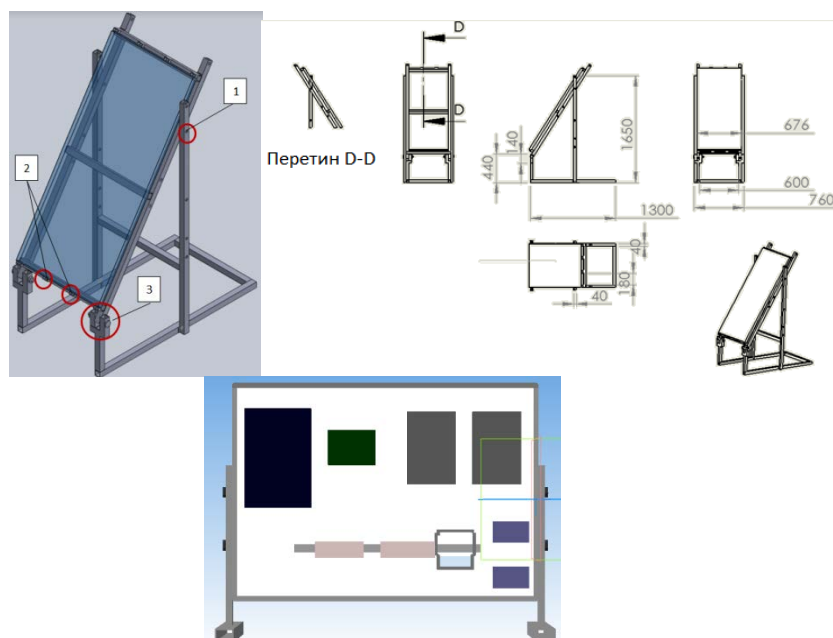


Рисунок 1 – Конструкція стенду

Для проектування конструкції та його розрахунку на механічну міцність застосовувалося програмне забезпечення SolidWorks. Розрахунок

на навантаження дозволив попередньо зробити висновок, що конструкція надійна та витримає вагу сонячної панелі нахилом від 0° до 70°. До конструкції було також додано спеціальні Г-образні обмежувачі(рисунок 1, позначення 2), та вертикальні балки (позначення 1). Це дозволило закріпити сонячні панелі у двох осях.

Для вірної побудови майбутньої електроустановки було виконано структурну схему (рисунок 2), що включає в себе наступні компоненти (таблиця 1).

Таблиця 1 – Обладнання для побудови стенду «Фотоелектрична станція»

№	Обладнання	Основні параметри	Кількість
1	Сонячна панель (ФЕП).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• тип елемента: полікристал 156*156 мм;</li> <li>• кількість елементів: 36;</li> <li>• розміри: 1480*680*30 мм;</li> <li>• вага: 11.6 кг;</li> <li>• максимальна потужність: 170 Вт;</li> <li>• номінальна напруга: 12 В;</li> <li>• напруга при максимальній потужності: 19.75;</li> <li>• струм короткого замикання: 9.15;</li> <li>• ККД модуля: 13.8%;</li> </ul>	3
2	Контролер заряду(КЗ).	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Напруга 12/24В</li> <li>- Вхідний струм і струм споживаний не повинні перевищувати 50А</li> </ul>	1
3	Акумуляторна батарея(АБ).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Напруга – 12 В</li> <li>• Ємність – 100 А*год</li> <li>• Розмір (мм) - 305x168x215</li> </ul>	2
4	Інвертор.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Вхідна напруга – 230 VAC В.</li> <li>- Стабілізація вихідної напруги 230 +-5% VAC (В)</li> <li>- Напруга в режимі інвертування 220 В, f-50 Гц</li> </ul>	1
5	Плата STM32F4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 216 МГц, ядро Cortex-M7;</li> <li>• 1 Мб FLASH пам'яті;</li> <li>• 320 Кб SRAM пам'яті;</li> <li>• 128 Мбіт Quad - SPI Flash;</li> <li>• 128 Мбіт SDRAM;</li> </ul>	2
6	Електролічильник	<ul style="list-style-type: none"> <li>- клас точності 1,0;</li> <li>- інтерфейси: IrDA;</li> <li>- вимірювання потужності, струмів, напруг, частоти;</li> </ul>	3
7	Асинхронний двигун.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Напруга, В 220 -1фаза</li> <li>• Частота обертання, 3000 об/хв.</li> <li>• Потужність, 0,25 кВт</li> <li>• Висота осі обертання -71 мм</li> </ul>	2

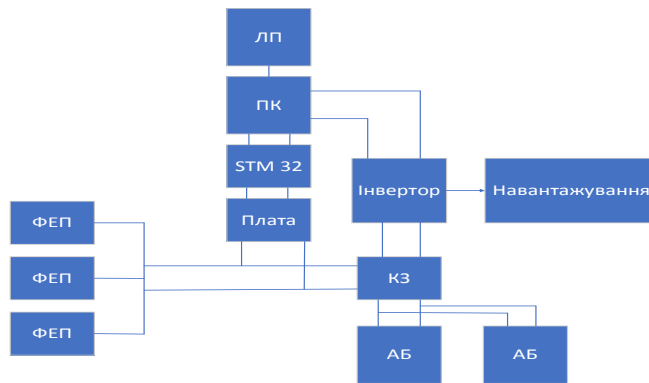


Рисунок 2 – Структура схема досліджуваної установки.

До складу входять фотоелектричні елементи, інвертор, акумуляторні батареї, контролер заряду, плати STM 32 для вимірювань. Також на рисунку 2 показано підключення та місце виводу інформації на екран оператора.

Також була створена електрична схема стенду (рисунок), для того, аби розуміти як вірно розташовувати та монтувати обладнання.

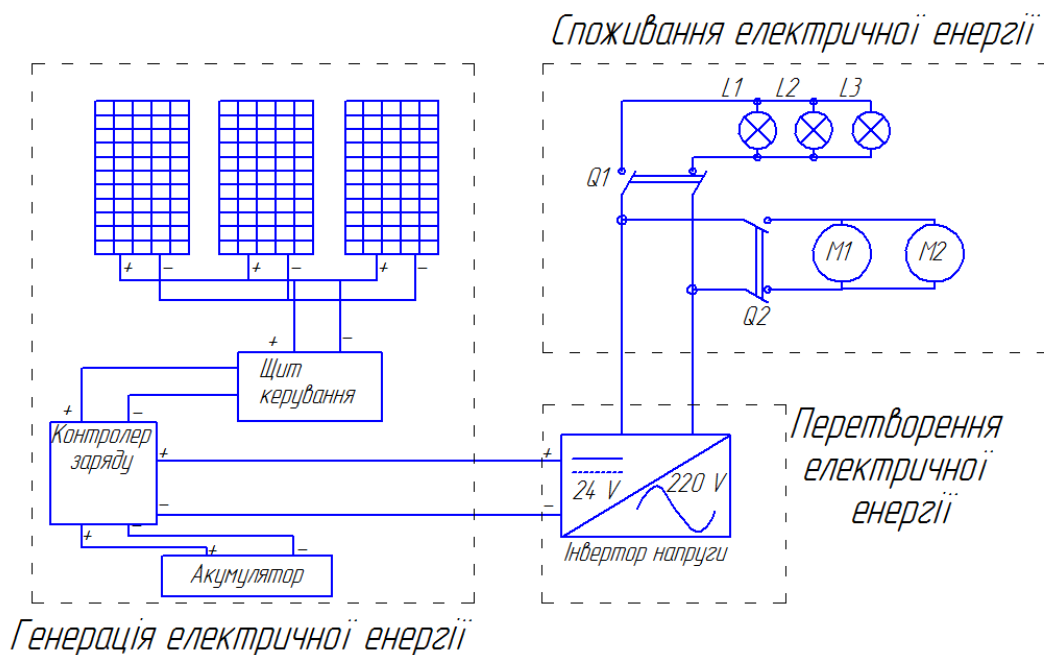


Рисунок 3 – Принципова електрична схема стенду.

Після цього усі компоненти стенду були зібрані та підключені, результат цієї роботи можна побачити на рисунку 4. Тут наведено фото: самого стенду, звідки виконується контроль та виміри необхідних фізичних величин даної енергосистеми; прожектори та інвертор; сонячні панелі, яка є частиною розробленої конструкції, що було досліджено вище.



Рисунок 4 – Зображення стенду «Фотоелектричної станції»

Також, як було зазначено раніше, створена була математична модель фотоелектричної станції в програмному пакеті Matlab, що зображена на рисунку 5. Тут продемонстровано також розташування нейронної мережі для прогнозування подій в фотоелектричній станції, більш детально створення та налаштування нейронних мереж для ФЕС розглянуто в [6]. Варто зазначити, що в даній моделі побудована НМ з зворотнім розповсюдженням помилки, в майбутньому її пропонується замінити на нейронну мережу на базі поліномів Лежандра [7].

Отримані результати такої системи дозволять виконати доповнення до топології НМ, що допоможе визначити вірний напрям нейронної мережі. Під вірним напрямом НМ розуміється випадок, коли прагне до збіжності різниця між цільовою функцією та виходом нейронної мережі.

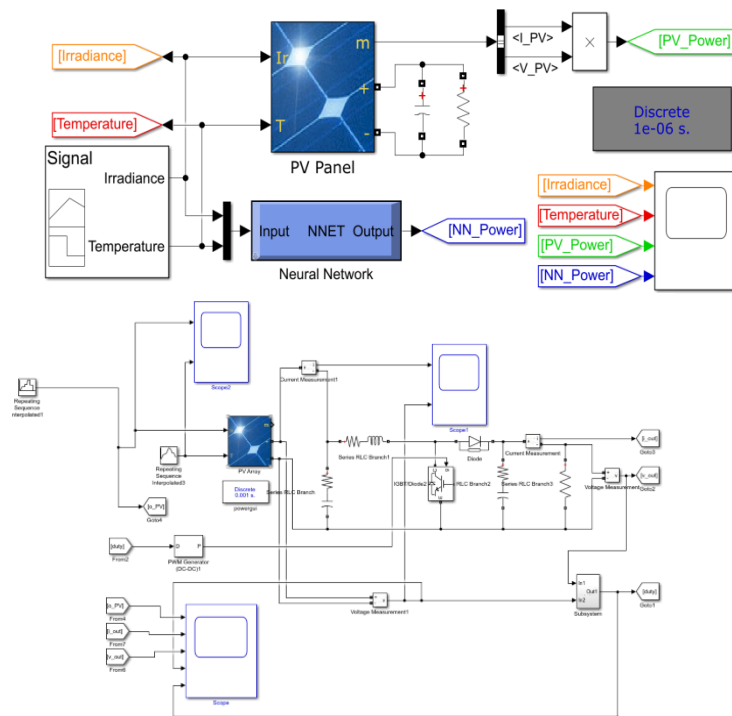
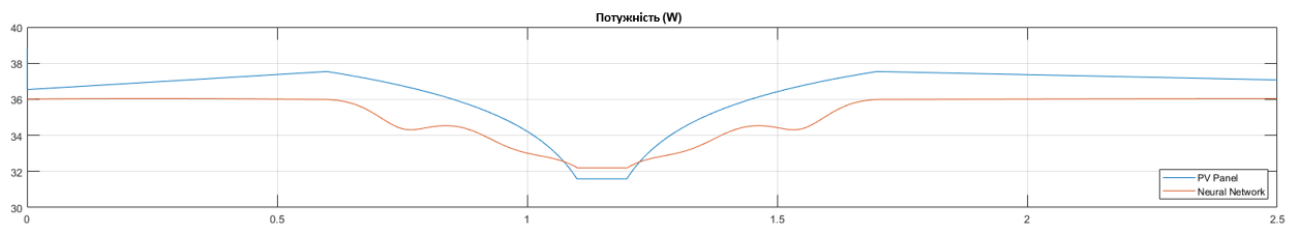


Рисунок 5 – Математичні моделі стенду без та з використанням нейронних мереж

Результати роботи математичної моделі наведені на рисунку 6.



*Рисунок 6 – Результати моделювання роботи реальної сонячної моделі та математичної моделі з використанням нейронної мережі. Вихідна залежність потужності від часу.*

Аналіз говорить, що побудована модель має наближені властивості до реального сонячного стенду. А отже справедливе її використання при дослідженні процесів в стенді «Фотоелектрична станція».

**Висновки.** В представлений роботі виконаний аналіз етапів побудови стенду «Фотоелектрична станція», що здійснювалась в лабораторії ДонНТУ. Наведено метод обрання та параметри основних елементів установки, структурні схеми, електричні схеми та моделі розроблених конструкцій. Розроблено математичну модель стенду та проведено її моделювання в програмному пакеті Matlab. Отримані результати дозволили, зробити висновок, що математична модель має ті ж властивості, що і реальна фотоелектрична станція та може використовуватися в подальшому для моделювання аварійних та перед аварійних випадків в електричній мережі. Також був зроблений висновок, що необхідно в наступних роботах приділити увагу архітектурі та методу тренування нейронної мережі.

#### Список використаних джерел

1. Міністерство енергетики України - Інформація про роботу електроенергетичного комплексу за серпень 2020 року - фактичні дані. URL посилання:

[http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art\\_id=245474568&cat\\_id=245183225](http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art_id=245474568&cat_id=245183225) (Дата звернення – 11.10.2020).

2. Анализ рынка солнечных батарей и солнечной энергетики в Украине. URL посилання: <https://inventure.com.ua/analytics/investments/analiz-rynka-solnechnyh-batarej-i-solnechnoj-energetiki-v-ukraine> (Дата звернення – 14.10.2020).

3. Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" - Солнечная электростанция на крыше 22

корпуса. URL посилання: <https://kpi.ua/ru/node/17828> (Дата звернення – 14.10.2020).

4. Кафедра електропостачання ім. проф. В.М. Синькова - Навчальні лабораторії. URL посилання: <https://nubip.edu.ua/node/1466/3> (Дата звернення – 15.10.2020).

5. Остренко Д.О., та Колларов О.Ю. «Пошук екстремуму потужності фотоелектричного елемента шляхом методики розпізнавання образів штучними нейронними мережами», збірник «Наукові праці ДонНТУ, серія: електротехніка і енергетика» №1(21)'2019, м. Покровськ, с 42-46;

6. Остренко Д.О., та Колларов О.Ю. «Розробка нейронної мережі з характеристиками МРРТ контролера», збірник «Наукові праці ДонНТУ, серія: електротехніка і енергетика» №1(19) – 2(20)'2018, м. Покровськ, с. 23-27;

7. Остренко Д.О., Колларов О.Ю., «Обґрунтування топології штучних нейронних мереж для прогнозування аварійних режимів енергосистем» Всеукраїнська науково-практична Інтернет конференція молодих учених та студентів «Електромеханічні та інформаційні системи», 21 квітня 2020 року, м. Київ), с 78-80.

8. Миличко В.А. Солнечная фотовольтаика: современное состояние и тенденции развития / В.А. Миличко // Успехи физических наук. – 2016. – Т.186, №.8. – С.801–852.

9. А.В. Гнатов, Щ.В. Аргун, «Аналіз схем сонячних електростанцій на фотоелектричних модулях для зарядних станцій електромобілів», Автомобильный транспорт, вып. 41, 2017 с. 163-169.

10. Денисюк С. П. Оптимізація режимів електропостачання в локальних системах з розосередженою генерацією / Денисюк С.П., Дерев'янку Д.Г., Колесник П.С. // Зб. пр. Ін-ту електродинаміки НАН України. Спец. вип. – 2011. – С. 30–37.

## БЕЗПОШУКОВІ ТА ПОШУКОВІ СИСТЕМИ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

*Демішонков Я.В.* – гр. ДФЕЕ-18, аспірант, [dyarikv@ukr.net](mailto:dyarikv@ukr.net)

*Максимкін О.Є.* – гр. МгЕМ-20, магістр

*Бурмістенков О.П.* – д.т.н., професор, [bur42@ukr.net](mailto:bur42@ukr.net)

*Київський національний університет технологій та дизайну*

*В данні статті розглянуті теоретичні основи системи адаптивного управління електроприводом. Проведено огляд систем і принципи побудови, а саме безпошукових та пошукових систем адаптивного керування електроприводів.*

*This article discusses the theoretical foundations of the adaptive control system of the electric drive. A review of systems and principles of construction, namely search and search systems of adaptive control of electric drives.*

**Вступ.** Робота деяких робочих машин і виробничих механізмів характеризується випадковою зміною в широких межах умов технологічних процесів і різних діючих на них впливів, які обурюють. Для забезпечення найкращого ходу таких технологічних процесів ЕП повинен мати можливість змінювати відповідним чином характер своєї роботи [1,2].

У процесі експлуатації ЕП змінюються їх динамічні і статичні характеристики через модифікації параметрів (опорів резисторів, індуктивностей, коефіцієнтів підсилення і передачі), а також впливів, що задають та збурюють. Змінюються також характеристики передавальних приладів і самі об'єкти управління. Ці модифікації частіше заздалегідь невідомі, й інформація про них у процесі експлуатації неповна.

Відзначимо, що розглянуті раніше розімкнуті і замкнуті системи управління електроприводами належать до таких систем, у яких модифікація характеристик і неповнота інформації незначні й істотно не впливають на досягнення мети управління, а тому можуть не враховуватися.

Зміну характеристик не можна врахувати заздалегідь, бо вони змінюються безперервно. Тому враховувати зміни повинна сама система управління ЕП у процесі роботи, безперервно поповнюючи інформацію про ЕП і об'єкти керування та використовуючи її для управління. Такі

системи управління ЕП пристосовуються в процесі роботи до умов, що виникають, тобто адаптуються, тому їх називають адаптивними.

**Постановка проблеми.** Метою нашої роботи є огляд безпошукових та пошукових системи адаптивного керування електроприводу. Предметом дослідження – адаптивні системи керування електромеханічними пристроями електропобутової техніки, а саме керування електроприводом.

**Результати досліджень.** Адаптивні системи ЕП – це системи, що вимагають урахування змін характеристик і поповнення інформації про об'єкт у процесі роботи. Тут є деяка «дуальність» управління: система сама визначає поточну інформацію про об'єкт і використовує її для оптимального управління об'єктом. В адаптивних системах управління ЕП керуючі впливи або алгоритми управління автоматично змінюються з метою здійснення кращого в якомусь сенсі управління об'єктом.

На рис.1. представлена найпростіша функціональна схема адаптивної системи управління ЕП із мінливістю характеристик і неповною інформацією, що дозволить описати принцип роботи адаптивної системи управління. В схемі зазначено: *КП* – керуючий пристрій; *ОУ* – об'єкт управління; *ПА* – пристрій адаптації; *f* – перешкоди; *u*, *v* – сигнали управління; *x*, *y* – вхідний і вихідний сигнали.

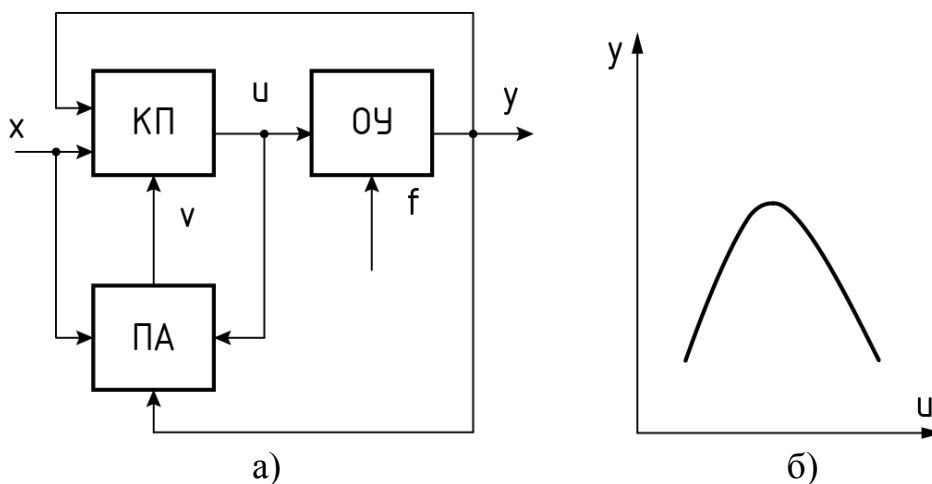


Рисунок 1 – Функціональна схема системи адаптивного управління ЕП:  
а – схема; б – характеристика об'єкта

Принцип дії найпростішої адаптивної системи полягає в тому, що вона має заданий критерій якості і повинна змусити об'єкт управління працювати так, щоб виконувався екстремум критерію якості. В адаптивній системі основна роль належить пристрою адаптації ПА, що одержує сигнали входу *x* і виходу *y*, а також сигнал управління об'єктом *u*. Ці



сигнали можуть мати високу вимірність і служать для підрахунку значень критерію якості. ПА виробляє сигнал  $v$ , що також може мати високу вимірність і управляти КП таким чином, щоб при певних значеннях сигналу  $x$ , за наявності зворотного зв'язку по  $y$  і будь-якої складності перешкод  $f$ , одержувати в кожний момент часу в об'єкті відпрацювання з екстремальним значенням показника якості (продуктивності, собівартості й ін.).

До класу адаптивних систем управління належать системи, що самі настроюються і самі організуються. В системах управління, що самі настроюються, пристрій адаптації на основі зібраної інформації про вхідні  $x$ , вихідні  $y$  і керуючі сигнали  $u$  подає команди в КП на модифікацію вставок або параметрів регуляторів таким чином, щоб досягти заданої мети управління. В системах управління, що самі організуються, поряд із цим виробляється модифікація структури системи так, щоб здійснити мету управління.

У системах управління, що самі настроюються, метою управління може бути, наприклад, досягнення екстремуму деякого статичного показника якості, причому положення екстремуму, зумовлене координатами, що контролюються системою управління, і неконтрольованими впливами, що збурюють, може в процесі експлуатації змінюватися невизначеним чином. У таких системах для досягнення мети управління й роботи в області екстремуму керуючий пристрій змінює відповідним чином завдання регуляторів системи. Метою управління може бути і досягнення динамічного показника якості, що характеризує динамічні властивості управління ЕП. Звичайно це функціонал, що залежить від координат і параметрів системи, наприклад, один з інтегральних критеріїв похибки. В цьому випадку досягнення екстремуму показника якості забезпечується автоматичною зміною параметрів системи управління (коефіцієнтів підсилення, постійних часу регуляторів і зворотних зв'язків). Такі системи називають системами з приладами, що самі настроюються та корегують [5].

По способу одержання інформації про поточне значення показника якості екстремальна системи підрозділяються на пошукові й безпошукові. У пошукових системах показник якості досягається за рахунок уведення в систему додаткових пошукових сигналів. У безпошукових (аналітичних) системах він розраховується аналітично за допомогою спеціального обчислювального пристрою. Якщо пошукові сигнали генеруються самою системою керування, то така система називається екстремальною системою з автоколивальним пошуком екстремума. При використанні

спеціального додаткового джерела пошукових сигналів реалізується система із примусовим пошуком екстремума [4].

У безпошукових адаптивних системах управління показник якості, який потрібен, досягається за допомогою еталонної моделі об'єкта управління. Така модель створюється на основі заздалегідь відомої інформації про об'єкт і включається в адаптивну систему управління.

Адаптивні системи з еталонними моделями та ідентифікаторами відносяться до класу безпошукових, тобто в них не використовуються додаткові сигнали, які призначені для пошуків бажаного режиму.

В класі безпошукових адаптивних систем розв'язуються задачі:

- регулювання об'єктів, параметри яких змінюються в широких межах з достатньою швидкістю;
- регулювання об'єктів з нелінійностями, що більш ефективно, ніж використання нелінійних ланок корекції;
- оптимізація системи керування за рахунок використання оптимальних моделей, у тому числі адаптивних;
- ідентифікація об'єктів у замкненому контурі та використання цієї інформації для процесів керування і діагностики, в тому числі виявлення передаварійних ситуацій;
- імітаційне моделювання та створення тренажерів для операторів складних об'єктів;
- підвищення експлуатаційної надійності систем керування;
- уніфікація алгоритмів адаптивного керування типовими процесами з розробкою пакетів прикладних програм;
- скорочення термінів розробки ефективних систем керування.

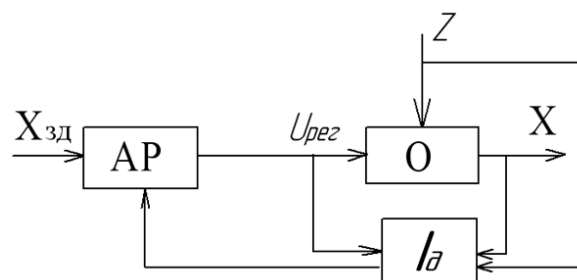


Рисунок 2 – Структура адаптивної системи з ідентифікатором

В адаптивних системах з ідентифікатором (рис.2.) синтез контура адаптації здійснюється за допомогою математичної моделі, яка визначається за допомогою спеціального пристрою – ідентифікатора  $I_d$ . В процесі функціонування об'єкта можуть уточнюватись як структура

моделі, так і її параметри, тобто сама модель є адаптивною, а процес ідентифікації включається в контур зворотнього зв'язку. Адаптивна система з ідентифікатором функціонує в двох режимах:

- навчання, коли ідентифікатор здійснює побудову моделі до того, поки похибка прогнозу вихідної змінної по моделі не стане меншою заданої величини;
- паралельний, коли уточнюється модель і одночасно здійснюється керування[3].

Залежно від інформації про ЕП і об'єкти управління розрізняють два види систем, що самі настраюються з динамічним показником якості. В безошукових адаптивних системах на основі наявної інформації створюється еталонна модель об'єкта, що забезпечує роботу системи з показником якості, який потрібен. В пошукових адаптивних системах інформація про об'єкт не повна і заздалегідь отримана бути не може, а повинна бути встановлена в процесі роботи.

У безошукових адаптивних системах управління показник якості, який потрібен, досягається за допомогою еталонної моделі об'єкта управління. Така модель створюється на основі заздалегідь відомої інформації про об'єкт і включається в адаптивну систему управління.

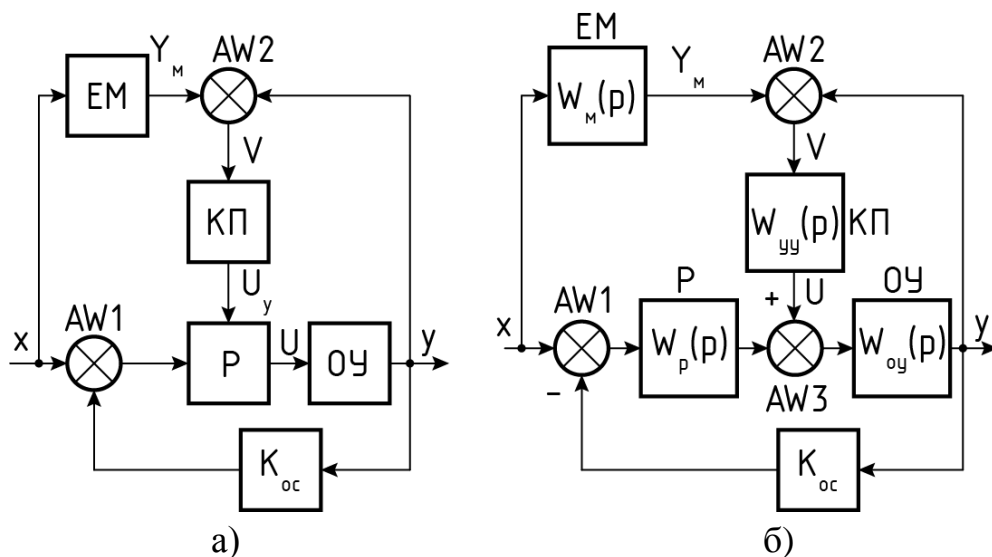


Рисунок 3 – Структурна схема системи адаптивного управління з моделлю: а – при параметричній самонастроюці; б – при сигнальній настроюці

Сигнали КП, що корегують у таких системах, можуть подаватися не на регулятор, а на вхід системи управління об'єктом, як показано на рис. 3а; в цьому випадкові параметри регулятора не змінюються. Така

самонастройка називається сигнальною. У безошукових адаптивних системах здійснюється стабілізація динамічних властивостей ЕП. Тому еталонна модель може бути подана у вигляді динамічної ланки з певною передавальною функцією. ПКВ при цьому повинен одержувати інформацію або безпосередньо про динамічні характеристики об'єкта управління, або визначити її побічно за можливими координатами, що вимірюються. При безпосередньому вимірюванні  $y$  й  $y_m$  ПКВ може виконувати роль суматора, що визначає відхилення  $\Delta y = y_m - y$ .

Адаптивну систему з параметричною настройкою можна уявити спрощеною структурною схемою на рис. 3а, а з сигнальною настройкою – структурною схемою на рис. 3б. Для з'ясування дії моделі розглянемо схему із сигнальною настройкою рис. 3б.

Сигнал завдання надходить паралельно на систему управління об'єктом і модель. Їх вихідні сигнали  $y$  і  $y_m$  порівнюються із суматором АW2, що виконує роль ПКВ, а їх різниця  $\Delta y = y_m - y$  подається у вигляді сигналу зворотного зв'язку  $u_y$  на вхід системи управління об'єктом за допомогою суматора АW3.

Передавальна функція такої системи має вигляд (1) де – передавальні функції відповідно об'єкта управління, моделі і ланцюга зворотного зв'язку. Якщо забезпечити високий коефіцієнт зворотного зв'язку, то одиницею в доданках числівника і знаменника порівняно з можна знехтувати. Тоді або (2)

$$W(p) = \frac{Y}{X} = \frac{W_{oy}(p) \cdot [1 + W_m(p) \cdot W_{oc}(p)]}{1 + W_m(p) \cdot W_{oc}(p)} \quad (1)$$

де  $W_{oy}(p)$ ,  $W_m(p)$ ,  $W_{oc}(p)$  – передавальні функції відповідно об'єкта управління, моделі і ланцюга зворотного зв'язку.

Якщо забезпечити високий коефіцієнт зворотного зв'язку, то одиницею в доданках числівника і знаменника порівняно з  $W_i(p)$ ,  $W_{oc}(p)$  можна знехтувати.

Тоді,

$$W(p) = \frac{Y}{X} = W_m \quad \text{або} \quad Y = X \cdot W_m(p) \quad (2)$$

З формули (2) видно, що вихідна координата об'єкта управління визначається лише динамічними властивостями моделі. Роботу адаптивної системи управління, що сама настроюється, з моделлю розглянемо на прикладі системи управління швидкістю двигуна постійного струму, структурна схема якої наведена на рисунку 4. Показниками якості

динамічного процесу двигуна є швидкість двигуна і її перша й друга похідні. Тому вихід еталонної моделі подає сигнали, що визначають бажане значення швидкості  $U_c$ , м, її першої  $c$ , м та другої похідних.

Вихідні сигнали об'єкта – тиристорного ЕП постійного струму – також характеризують швидкість двигуна, її першу й другу похідні. Сигнал, пропорційний швидкості двигуна, знімається з тахогенератора, а сигнали, пропорційні першій і другій похідним, забезпечуються приладом, що називається спостерігачем, на який подається сигнал завдання швидкості  $U_{zc}$  і сигнал зворотного зв'язку за швидкістю, що характеризує швидкість двигуна. Вихідні сигнали моделі порівнюються з вихідними сигналами об'єкта суматорами  $AW1 - AW3$ . Відповідні сигнали з урахуванням своїх вагових коефіцієнтів підсумовуються суматором  $AW4$  в єдиний сигнал самонастроювання. Цей сигнал через пристрій, що обмежує  $A_{обм}$ , подається на вхід системи управління ЕП (суматор  $AW$ ), створюючи контур сигнальної самонастройки, що компенсує зміни параметрів об'єкта, пов'язані з режимами роботи тиристорного перетворювача.

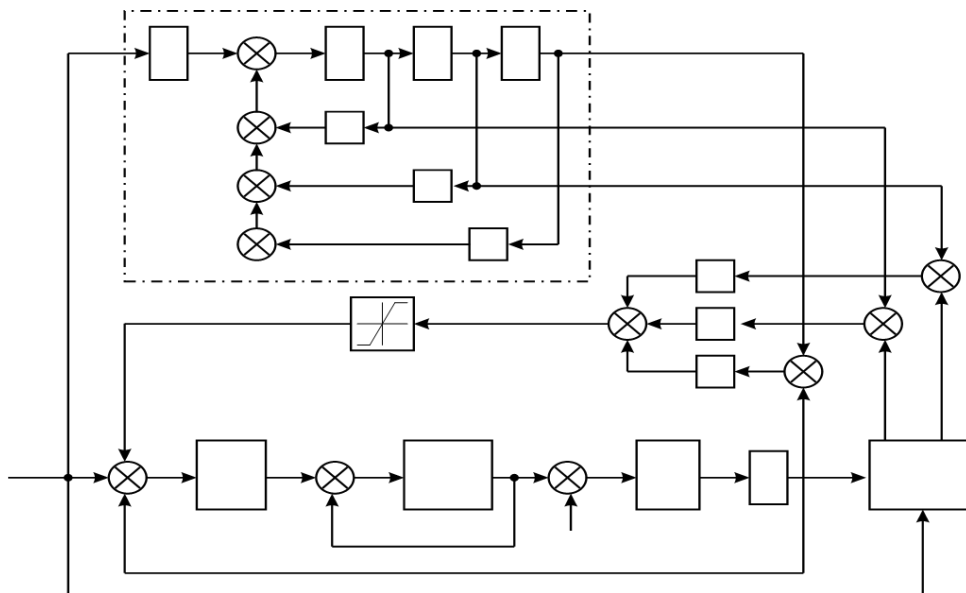


Рисунок 4 – Структурна схема системи управління ЕП постійного струму, що сама настраюється, з еталонною моделлю

Розглянута адаптивна система ЕП постійного струму з еталонною моделлю і спостерігачем забезпечує оптимальні перехідні процеси з одним коливанням, мінімальним перерегулюванням і високою швидкодією системи при впливах, що задають та збурюють.

Прикладом системи, що сама настроюється, з параметричною самонастройкою може служити система з адаптивним регулятором струму (АРС).

Така АРС застосовується в тиристорних ЕП постійного струму з підлеглим регулюванням координат. У цих системах *III* – регулятор струму, що приймається, вибирається при роботі ЕП у режимі безперервних струмів.

Структурна схема такого пристрою приведена на рисунку 5.

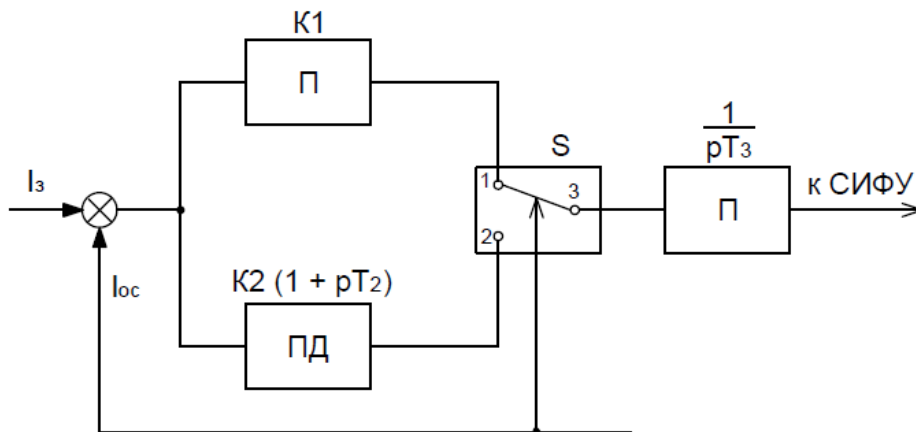


Рисунок 5 – Структурна схема АРС

Згідно структурній схемі (рисунок 5) ключ *S* працює в функції струму. При наявності струму в ланцюзі якоря машини ключ *S* замикає контакти 2-3, утворюючи при цьому послідовне з'єднання ПД і *I*-ланок. В результаті такого з'єднання отримуємо регулятор з *III* характеристикою.

Передавальна функція *III* – регулятора струму – має вигляд:

$$W'_{PT}(p) = \frac{T_{\text{я}} \cdot R}{2 \cdot T_{\mu} \cdot k_n \cdot k_m} = k_{PT} + \frac{1}{T_{PT} p} \quad (3)$$

де, *R* – активний опір ланцюга якоря, *k<sub>n</sub>*, *k<sub>m</sub>* – коефіцієнти підсилення перетворювача й зворотного зв'язку за струмом; *k<sub>PT</sub>*, *T<sub>PT</sub>* – коефіцієнт підсилення та постійна часу *PT* [6].

**Висновки.** Нами були розглянуті теоретичні основи системи управління електроприводом. Проведено огляд систем і принципи побудови, а саме безпошукових та пошукових систем адаптивного керування електроприводів.

На теперішній час використання адаптивних систем керування електроприводом широко використовується в керуванні електромеханічними пристроями електропобутової техніки, тому що в адаптивних системах управління ЕП керуючі впливи або алгоритми

управління автоматично змінюються з метою здійснення кращого управління об'єктом (приладом).

### Список використаних джерел

1. Електропривод з адаптивним керуванням – [Електронний Ресурс] – Режим доступу. – URL: <https://lektsii.com/1-51577.html>
2. Мовчан А.П. Адаптивні та параметрично-оптимальні системи управління. Навч. посіб. / Мовчан А.П., Степанець О.В. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 108 с.
3. Адаптивні системи автоматичного керування [Електронний Ресурс] – Режим доступу. – URL: <https://ukrdoc.com.ua/text/52186/index-1.html?page=7>
4. Писаренко А.В. Адаптивна система керування об'єктом другого порядку зі змінними параметрами та шумами вимірювання / А.В. Писаренко, М.П. Татауров // Проблеми інформатизації та управління, Київ - №2(46) – 2014. С. 50-59.
5. Адаптивні системи керування ЕП. Безпошукові та пошукові системи [Електронний Ресурс] – Режим доступу. – URL: <https://slide-share.ru/36-adaptivni-sistemi-keruvannya-ep-bezposhukovi-ta-poshukovi-sistemi-119076>
6. Учебное пособие для ВУЗов. - Выходные данные отсутствуют. - 275 с.: ил. – [Електронний Ресурс] – Режим доступу. – URL: <https://www.twirpx.com/file/2169570/>

## ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ ТУРБОЩІТОК СУЧАСНИХ ПОБУТОВИХ ПИЛОСОСІВ

*Луцко Б.О.* – гр. МгЕМ-20, магістр, [lucik0214@gmail.com](mailto:lucik0214@gmail.com)

*Стаценко В.В.* – д.т.н., доц., [statsenko.v@knutd.edu.ua](mailto:statsenko.v@knutd.edu.ua)

*Київський національний університет технологій та дизайну*

*У роботі представлено огляд насадок для пирососів, призначених для сухого прибирання. Проведено аналіз видів сучасних турбощіток, наведено їх конструкцію. Запропоновано напрям вдосконалення турбощітки шляхом забезпечення її роботи як від потоку повітря, що утворюється внаслідок роботи пирососу, так і від електричного двигуна у випадку, коли потужність потоку повітря є недостатньою для ефективної роботи насадки.*

*The paper presents an overview of nozzles for vacuum cleaners designed for dry cleaning. The analysis of types of modern turbo brushes is carried out, their design is resulted. The direction of improvement of the turbobrush by ensuring its operation both from the air flow generated by the vacuum cleaner and from the electric motor in the case when the power of the air flow is insufficient for efficient operation of the nozzle is proposed.*

**Вступ.** Пирососи є одним з найпоширеніших видів побутової техніки, Вони входять у п'ятірку найбільш затребуваних приладів разом із кухонними плитами, холодильниками та пральними машинами. У розвинених країнах вкрай рідко можна зустріти домашнє господарство, у якому немає пирососа. За останні роки конструкції пирососів були суттєво вдосконалені. З'явилися миючі пирососи, роботи-пирососи, вбудовані пирососи, пароочисники, але найбільшою популярністю у споживачів все ще користуються пирососи для сухого прибирання.

Конструкції пирососів для сухого прибирання також вдосконалювалися, проте принцип їх роботи залишився тим самим, що й десятки років тому: під час роботи двигуна у пристрої створюється тяга, за рахунок якої сміття, пил і частинки бруду всмоктуються через трубу, на кінці якої встановлюється спеціальна щітка, що піднімає ворс і дозволяє витягнути забруднення з основи килиму. Пил і бруд з повітрям затягуються через фільтр до пилозбірника, після чого очищене за допомогою фільтра повітря повертається у приміщення. Отже, можна вважати, що вдосконалення пирососів сухого чищення відбувалося в основному в напрямку дизайну приладу, фільтруючих компонентів,



системи керування та кількості комплектуючих. Одним з перспективних напрямів вдосконалення побутових пилососів є вдосконалення їх насадок, оскільки якість прибирання значною мірою залежить саме від цього інструменту, який суттєво впливає на всмоктування сміття у пилосос.

**Постановка проблеми.** Сьогодні виробниками пилососів пропонується широкий асортимент різноманітних насадок різного призначення. Як правило, споживачі використовують у побуті 2-3 види насадок, а про призначення інших здогадуються лише приблизно. Є й такі насадки, про існування яких знає далеко не кожний споживач, наприклад, щітки, що вибивають, або щітки для хутра домашніх тварин.

Основними видами насадок для сухого прибирання є такі [1]:

- **Універсальна щітка** для прибирання підлоги (підлога/килим) – це основний та найбільш популярний клас насадок, які зазвичай входять до комплекту з пилососом. Велика робоча поверхня насадки дає можливість досить швидко прибрати приміщення значного метражу і при цьому витратити менше сил для досягнення бажаного результату. Використовуються для всіх видів підлог, оснащені перемикачем, який регулює висоту щетини, що дозволяє застосовувати ці насадки як для килимових, так і для плоских твердих поверхонь. Такі насадки в залежності від конструкції можуть комплектуватися двома рядами щетини, червоними велюровими смужками, гумовими смужками, а також колесами, що полегшують ковзання по поверхні.

- **Турбощітки**, оснащені турбіною і обертаючим валом з ворсом або тканиною. Застосування таких насадок в декілька разів прискорює прибирання килимових покриттів. Турбощітка ідеально підходить для власників домашніх тварин.

- **Щітка для паркету** – широка насадка, що комплектується двома рядами натуральної щетини та може бути укомплектована колесами.

Також поширеними є деякі види спеціальних насадок:

- **Щітки для меблів** (без щетини – для м'яких поверхонь та зі щетиною для твердих). Такі щітки можуть також бути використані для прибирання пилу з картинних рам, абажурів, з клавіатури чи системного блоку комп'ютера.

- **Щілинні насадки**, виконані у вигляді подовженої плоскої трубки та призначені для видалення пилу з кутів, уздовж плінтусів, в автомобілі, навколо радіаторів, між подушками дивана і крісел, між меблями і стіною, з вентиляційних отворів та інших важкодоступних місць.

Основними параметрами насадок для пилососа є їх геометричні розміри та висота і густина щетини (якщо її наявність передбачена конструкцією). Особливої уваги заслуговує конструкція турбощітки. При проектуванні такої насадки важливим є не лише визначення її оптимальної форми для створення найменших перешкод всмоктуваному потоку повітря, а й розрахунок її конструктивних елементів.

Отже, метою дослідження є вивчення конструкцій турбощіток сучасних пилососів та встановлення напрямів їх вдосконалення.

**Результати досліджень.** Форма та зовнішній вигляд турбощітки практично співпадає з традиційною універсальною щіткою пилососа, але всередині її корпусу розташований валик із щетиною. Під час прибирання він починає обертатися, щетина захоплює волосся, шерсть, бруд і подає сміття на всмоктуючий отвір. Обертання ролика зі щетиною нешкідливо для будь-якого підлогового покриття. Механізм ефективно вибирає пил з килимів з високим ворсом, бруд, накопичений у стиках плитки і просто очищає тверду гладку поверхню. Щетина на валику розташована по спіралі, за рахунок чого поліпшується захоплення частинок бруду. Після кожного прибирання механізм вимагає ретельного очищення від шерсті, ниток і волосся. Накопичення на щетині знижують ефективність роботи турбонасадки, а згодом виводять з ладу робочий механізм.

На рис. 1 представлена схема руху потоку повітря всередині турбощітки [2, 3].



*Рисунок 1 – Схема руху потоку повітря усередині турбощітки*

За комплектацією валу розрізняють наступні види турбощіток [4]:

- **вал зі щетиною** (рис. 2,а). Турбощітки зі щетиною призначені для прибирання килимових покриттів. За допомогою обертового вала зі щетиною вичісується сміття з м'яких поверхонь.

- **вал з м'якою ворсистою тканиною** (рис. 2,б). На валу застосовують м'яку ворсисту тканину замість щетини. Такі насадки використовують для прибирання плоских твердих поверхонь. Турбощітки дбайливо ковзають по покриттям.

За способом передачі обертання на вал насадки, розрізняють два види турбощіток [4, 5]:

- **механічні турбощітки**: турбіна насадки з механічним приводом обертається під впливом всмоктуваного повітряного потоку. Рух щітки ініціюється при проходженні повітря через лопаті турбіни.
- **турбощітки з електродвигуном** – насадки, в яких вал з ворсом обертається від вбудованого двигуна.



Рисунок 2 – Види турбощіток: а – комплектація валу щетиною;  
б – комплектація валу ворсистою тканиною

Механічні турбощітки (рис. 3,а) розраховані на використання у потужних сучасних моделях пилососів. Потужність приладу задає швидкість обертання. При зниженні потужності пилососу внаслідок заповнення пилососівника знижуватиметься також і швидкість обертання

турбіни турбощітки, що у свою чергу призведе до зниження ефективності прибирання.



*Рисунок 3 – Способи передачі обертового моменту на вал насадки:  
а – механічний; б – за допомогою електродвигуна*

Турбощітки з електродвигуном (рис. 3,б) переважно використовують у пилососах малої потужності. Насадка з електроприводом працює незалежно від інтенсивності повітряного потоку і розкручується на порядок швидше. Швидкість обертання валу не залежить від потужності пилососа, а лише від характеристик електроприводу самої щітки. Насадки підходять лише для моделей пилососів, які спроектовані для подачі електроживлення на щітку.

При проектуванні пилососів, призначених для використання з турбощіткою, необхідно враховувати, що, як і все, що перешкоджає проходженню повітря, турбощітка знижуватиме потужність всмоктування пилососа. Отже, потрібно забезпечити дещо вищу потужність такого приладу порівняно з аналогічними, що працюватимуть з традиційними насадками.

**Висновки.** Використання у пилососі такої насадки як турбощітка дозволяє значно підвищити ефективність прибирання, особливо для ворсистих підлогових покриттів. Така насадка буде незамінною у випадку наявності у будинку тварин, шерсть яких буває дуже складно видалити.

Вал турбощітки може приводитися у рух як механічним способом – від потоку повітря, так і за допомогою електродвигуна, якщо потужності пилососа недостатньо для надання обертового моменту турбіні.

Одним з напрямків вдосконалення турбощітки може стати розроблення конструкції, яка передбачає можливість руху валу одночасно

як від потоку повітря, так і від електродвигуна. Необхідно розробити схему керування приводу щітки, яка вмикатиме електродвигун у випадку зниження значення кількості обертів валу нижче за допустиме. Така конструкція дозволить зменшити витрати електроенергії та збільшити термін служби двигуна, оскільки він працюватиме лише у разі, коли потужності потоку повітря виявиться недостатньо для ефективної роботи приладу.

#### Список використаних джерел

1. Щітки для пилососів. Щітки для пилососів види та призначення | Блог Comfy. URL: <https://blog.comfy.ua/ua/shhitki-dlya-pilososiv/>.
2. Насадки для пилососа: види, опис і їх призначення. URL: <http://kafedra.com.ua/nasadki-dlya-pilososa-vidi-opis-i-yih-priznachennya/>.
3. Турбощетка для бытового пылесоса: ускорение процесса уборки. URL: <https://tehnika.expert/dlya-chistoty-i-poryadka/pylesos/turboshhetka-dlya-pylesosa.html>.
4. Види щіток для пилососа. База знань - FilterMDP.com. URL: <https://filtermdp.com/uk/kb-uk/>.
5. Турбощетка для пылесоса: особенности устройства и основные различия рабочей насадки. URL: <https://pylesoser.ru/tips/turboshchetka-dlya-pylesosa>.

## СИНТЕЗ ГІДРАВЛІЧНОЇ СХЕМИ АГРЕГАТУ ПОБУТОВОГО ХОЛОДИЛЬНИКА-КОНДИЦІОНЕРА

*Шевченко Є.В.* – гр. МгЕМ-20, магістр, [bart.hreymm@gmail.com](mailto:bart.hreymm@gmail.com)

*Біла Т.Я.* – к.т.н, доц., [bila.ty@knutd.com.ua](mailto:bila.ty@knutd.com.ua)

*Київський національний університет технологій та дизайну*

*В статті наведено результати аналізу гідравлічних схем і процесів теплообміну в холодильниках та кондиціонерах, що дало можливість знайти шлях синтезу спільної конструкції. Запропоновано гідравлічну схему компресійного агрегату, що здатен забезпечити виконання функцій холодильника і кондиціонера за умови спільного використання апаратних засобів. Сформульовано рекомендації щодо розроблення системи керування і алгоритму її роботи.*

*The article presents the results of the analysis of hydraulic schemes and heat transfer processes in refrigerators and air conditioners, which made it possible to find a way to synthesize the general design. A hydraulic diagram of a compression unit capable of performing the functions of a refrigerator and an air conditioner with a combination of hardware is proposed. Recommendations are formulated for the development of a control system and an algorithm for its operation.*

**Вступ.** Сучасна електропобутова техніка постійно удосконалюється виробниками у різних напрямках [1]:

- підвищення енергетичної ефективності;
- розширення функціональних можливостей;
- збільшення якісних і ергономічних показників;
- пошук нових процесів, сфер застосувань і, як наслідок, створення принципово нових приладів.

Здається, що холодильна побутова техніка вже досягла свого апогею функціональних можливостей. Це перш за все холодильники, морозильні камери і суміщені з них прилади. Також вони є стаціонарними і переносними для мобільного використання. Побутова техніка для кондиціонування повітря також поділяється на ту, що встановлюється стаціонарно і ту, що може бути легко перенесена в інше приміщення [2].

Зважаючи на те, що фізичні процеси охолодження середовищ і конструкція апаратів в холодильниках і кондиціонерах подібні, виникає



пропозиція пошуку можливості їх поєднання в одному корпусі з можливістю спільного використання певних робочих блоків. Такі прилади холодильників-кондиціонерів могли б бути вигідно використані в маленьких приміщеннях, в умовах дачного тимчасового проживання, тощо.

Аналіз технічної можливості створення конструкції холодильника-кондиціонера компресійного типу здається нам актуальною задачею.

**Постановка проблеми.** Метою дослідження є синтез гідравлічної системи компресійного агрегату, що здатен забезпечити виконання функцій холодильника і кондиціонера за умови спільного використання апаратних засобів.

**Результати досліджень.** Суміщення в одному побутовому приладі пристрою для охолодження та зберігання продуктів харчування і пристрою для охолодження повітря в приміщенні досить цікава ідея. Технічна реалізація такого пристрою вимагає аналізу сумісної роботи всіх гідравлічних, теплообмінних систем і електричних схем керування. В результаті проведеного аналізу облаштування і можливих схем організації теплообмінних процесів в холодильних пристроях, стаціонарних системах кондиціонування і мобільних кондиціонерах можна виділити їх спільні ознаки і відмінності [3 - 5]. Це дасть можливість запропонувати варіанти технічних рішень для розробки холодильника-кондиціонера.

До спільних елементів конструкції можна віднести:

- компресори для створення тиску і циркуляції холодоагенту в гідравлічній системі;
- конденсатори (теплообмінні апарати для відведення збиткового тепла від перегрітого в результаті стиснення компресором холодоагенту в зовнішнє повітряне середовище);
- випарники (теплообмінні апарати для поглинання тепла від об'єктів охолодження в результаті кипіння рідкого холодоагенту при зниженні тиску);
- дросельні пристрої (капілярна трубка, вентиль), які слугують для розділення ділянок трубопроводу гідравлічної системи на зони високого і низького тиску.

В усіх пристроях компресор виконує функцію нагнітання під тиском газоподібного холодоагенту в гідравлічну систему, що послідовно складається з фільтру-осушувача, конденсатора, капілярної трубки і випарника (одного, або кількох). Під час синтезу будемо розглядати тільки функцію охолодження.

Відмінності виконання гідравлічних схем і процесів теплообміну холодильників і мобільних кондиціонерів представлено в таблиці 1.

Таблиця 1

Об'єкт	Холодильник	Спліт кондиціонер	Мобільний кондиціонер
Параметр			
<i>Об'єкт охолодження випарником</i>	Продукти в теплоізолюваній шафі	Повітря в замкненому приміщенні	Повітря в замкненому приміщенні
<i>Відведення тепла від конденсатора</i>	Повітрям в замкненому приміщенні	Повітрям зовні приміщення	Повітрям зовні приміщення
<i>Теплообмін випарника</i>	Вільним потоком повітря	Вентилятором	Вентилятором
<i>Спосіб охолодження конденсатора</i>	Вільним потоком повітря	Вентилятором	Вентилятором
<i>Відведення тепла від компресора</i>	Вільним потоком повітря приміщення	Вентилятором на зовні приміщення	Вентилятором на зовні приміщення
<i>Контроль температури</i>	Повітря в теплоізолюваній шафі	Повітря в приміщенні	Повітря в приміщенні

Як видно з таблиці основні протиріччя існують за двома параметрами:

- об'єкт охолодження випарником;
- контроль температури.

Це означає, що при суміщенні в одному пристрої холодильника і кондиціонера він повинен мати два випарника і дві системи контролю температури.

Проаналізуємо протиріччя за іншими ознаками:

- відведення тепла від конденсатора;
- теплообмін випарника;
- спосіб охолодження конденсатора;
- відведення тепла від компресора.

Всі ці протиріччя можуть бути вирішені на користь систем кондиціонування через більшу ефективність результатів. Наприклад, існують холодильники з примусовим обдуванням випарника вентилятором. Відведення тепла від конденсатора також підвищить інтенсивність процесу теплообміну.

Завданням розробки є створення холодильника-кондиціонера як окремого приладу, що локалізований в одному корпусі, тому було прийнято рішення віддати перевагу принципу його компоновки мобільним кондиціонерам.

В результаті виконаного аналізу і синтезу отримано рішення про наступну компоновку вузлів і агрегатів холодильника-кондиціонера:



- герметичної теплоізольованої шафи з одним або двома відділеннями;
- відповідно до шафи, одного або двох випарників;
- окремого відділення для розміщення одного компресора, одного конденсатора з системою примусового відведення нагрітого повітря зовні приміщення за допомогою вентилятора;
- окремого відділення для розміщення випарника кондиціонера з системою примусового відведення охолодженого повітря в приміщення вентилятором;
- системи контролю температури в холодильній шафі та приміщенні;
- системи керування компресором і теплообмінними пристроями.

При такій складній гідравлічній схемі можливі декілька алгоритмів роботи її складових. Наприклад, дві системи пристрою працюють одночасно - паралельна робота гідравлічних систем. В цьому випадку при ввімкненні пристрою починає працювати компресор. Холодоагент поступає в конденсатор, охолоджується, конденсується і потім розділяється на два потоки: 1-й – до капілярної трубки і випарника холодильника, 2-й – до капілярної трубки і випарника кондиціонера. Обидві системи пристрою працюють на охолодження. Електрична система постійно здійснює вимірювання температури всередині шафи холодильника і повітря в приміщенні, а також виконує їх порівняння з попередньо заданими користувачем значеннями.

При досягненні однією з систем охолодження граничного значення температури вона повинна перестати працювати. Це можливо за умови, що в гідравлічній схемі передбачено електромагнітні клапани, які одну з них вимикають (відключається подача холодоагенту у відповідний випарник). Друга система продовжує роботу до тих пір, поки не буде досягнуто її граничної температури. Після чого компресор і клапани вимикаються. Холодильник-кондиціонер знаходиться в режимі очікування підвищення температури однієї з систем до граничного значення (з врахуванням проміжку диференціалу). При досягненні граничної температури однією з систем вмикається її електромагнітний клапан одночасно з компресором і вона працює на охолодження свого об'єкта.

При паралельному з'єднанні систем можливий випадок, коли вони працюють одночасно. Цей режим повинен передбачати, що холодопродуктивність компресора достатня для холодильника і кондиціонера.

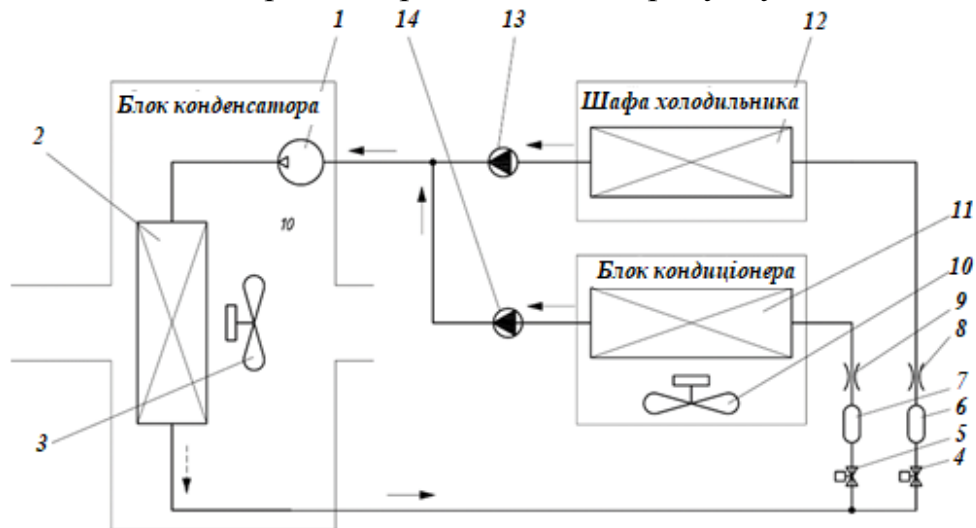
Але можливий випадок, наприклад, в холодну пору року, коли робота кондиціонера не потрібна, і працює тільки холодильник. Тоді холодопродуктивність компресора є зависокою, і гідравлічна схема холодильника працюватиме в нештатному режимі (перш за все через

капілярну трубку, бо її опір залежить від витрати рідини). Отже, за цієї причини виходить, що холодопродуктивність компресора повинна бути регульованою. Це можна просто здійснити за рахунок використання інверторної схеми керування електродвигуном компресора. При цьому повинно бути передбачено три основних режими роботи компресора:

- режим холодильника;
- режим кондиціонера;
- режим сумісної роботи.

Потрібно зазначити, що можливо прийдеться також регулювати інтенсивність відведення тепла від конденсатора. Це можливо за рахунок регулювання швидкості обертання вентилятора.

На основі проведеного аналізу було синтезовано гідравлічну схему холодильника-кондиціонера, яка представлена на рисунку.



*Рисунок 1 – Гідравлічна схема агрегату холодильника-кондиціонера*

*1 – компресор, 2 – конденсатор, 3 – вентилятор охолодження, 4 і 5 – електромагнітні клапани, 6 і 7 – фільтри-осушувачі, 8 і 9 – капілярні трубки, 10 – вентилятор, 11 – випарник кондиціонера, 12 – випарник холодильника, 13 і 14 – зворотні клапани.*

Агрегат працює наступним чином. Компресор 1 нагнітає пари холодоагенту в єдиний трубопровід, що з'єднує його з конденсатором 2. В конденсаторі пари холодоагенту охолоджуються і конденсуються в наслідок дії вентилятора 3. Інтенсивність охолодження конденсатора залежить від швидкості обертання вентилятора, яка може бути регульованою.

З конденсатора рідкий холодоагент поступає по трубопроводу до систем випарників 11 і 12. На вході кожного випарника встановлено електромагнітні клапани 4 і 5, які можуть відкривати подання рідкого

холодоагенту до відповідного випарника, або перекривати його. Керування клапанами 4, 5 здійснюється електричною схемою за наявності дозволу системи керування температурними режимами холодильника та кондиціонера. Далі рідкій холодоагент через фільтри-осушувачі 6, 7 і капілярні трубки 8, 9 поступає у випарники, де кипить і відбирає тепло від об'єктів охолодження.

Газоподібний холодоагент з випарників 11, 12 подається до компресора 1 через зворотні клапани 13, 4, які потрібні для унеможливлення подачі холодоагенту з одного випарника в інший за наявності в них різного рівня тиску. Далі цикл роботи повторюється. При вимкненні одного з клапанів 4 або 5 відповідна йому система випаровування не працює, і компресор працює виключно на іншу систему.

Зрозуміло, що холодопродуктивності систем холодильного агрегату та кондиціонера будуть різними і компресор не може працювати з ними з однаковою продуктивністю в різних вище перерахованих режимах.

Тому, для вирішенні цієї задачі потрібно приймати дуалістичне рішення: ставити на кожну систему окремий компресор з відповідною холодопродуктивністю, або регулювати продуктивність одного компресора в межах, що задовольняють всі три режими його роботи.

**Висновки.** Виконано аналіз гідравлічних схем і процесів теплообміну в холодильниках та кондиціонерах, що дало можливість знайти шлях для створення концепції спільної конструкції. Запропоновано гідравлічну схему компресійного агрегату, що здатен забезпечити виконання функцій холодильника і кондиціонера за умови спільного використання апаратних засобів. Сформульовано рекомендації щодо розроблення системи керування і алгоритму її роботи.

#### Список використаних джерел

1. Інтернет ресурс <https://23c.kh.ua/mobilnyj-kondicioner-preimuwestva-i-nedostatki>.
2. Електропобутова техніка : підручник / І. В. Петко, О. П. Бурмістенков, Т. Я. Біла, М. Є. Скиба - Хмельницький: ХНУ, 2017. – 213 с.
3. Патент FR 2821665. Combined refrigerator and air conditioning unit, uses refrigerator unit to cool liquid which is circulated through air heat exchanger by compressor coupled to air circulation fan. 2001.
4. Патент RU 2410610 C2. Греллони Алессіо. Бытовой электроприбор, по меньшей мере, с одним охлаждающим отсеком и модулем обработки воздуха. 21.06.2007.
5. Патент RU 2716444. Холодильник компресійний біфункціональний. Іванов В. К. 2010.

УДК [621.3:005]:624(477)

## АНАЛІЗ ВИМОГ ДО ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ В УКРАЇНІ ТА ІНШИХ КРАЇНАХ

*Рубчак І.О.* – гр. БХФск-19, бакалавр, *inna.rubchak@gmail.com*

*Романюк О.О.* – к.т.н., доц., *romanyuk.oo@knutd.com.ua*

*Київський національний університет технологій та дизайну*

*У статті здійснено аналіз споживання енергоресурсів в Україні з урахуванням їх структури за 2015-2019 рр., а також законодавчої бази та практичного досвіду України й інших країн у підвищенні енергетичної ефективності будівель.*

*The article analyzes the consumption of energy resources and their structure in Ukraine for 2015-2019, the legal framework and practical experience of Ukraine and other countries in improving the energy efficiency of buildings.*

**Вступ.** Для підвищення енергоефективності у світовій практиці застосовуються наступні підходи – державне регулювання енергоощадності, зокрема, формування багаторівневої структури державного управління енергоощадністю з галузевою зоною відповідальності й наявністю координуючих органів, створення та впровадження системи об'єктивних ключових показників енергоефективності в плани розвитку в усіх галузях економіки і сфери діяльності, а також запровадження управлінських стимулів для підвищення енергоефективності, запровадження національних та міжнародних стандартів ефективності використання ресурсів. Широко застосовуються економічні стимули енергоефективності – це програми пільгового кредитування, державні субсидії та дотації, впровадження системи енергоаудиту й енергоменеджменту, системи грантів, регулювання цін (тарифів) на енергоносії, системи штрафів, програми сертифікації, фінансова підтримка для заохочення та запровадження інформаційних програм. Відповідальність за підвищення енергоефективності у галузях економіки покладається на органи державної влади, а контроль за ходом реалізації заходів, спрямованих на досягнення прийнятих на державному рівні цільових показників здійснюють регіональні (федеральні) агентства.

Рекомендації Міжнародного Енергетичного Агентства щодо реалізації політики у сфері підвищення енергоефективності поділяються на групи [1]: міжсекторальні заходи політики;

промисловість;  
будівлі;  
побутові прилади та обладнання;  
освітлення;  
транспорт;  
комунальні послуги.

У країнах ЄС понад 40% споживання первинних енергоресурсів припадає на будівлі. Майже дві третини цієї енергії витрачається на житлові будівлі й одна третина – на нежитлові будівлі та споруди. При цьому дві третини енергії, споживаної будівлею, є необхідними для роботи систем опалення, вентиляції та кондиціювання повітря [1]. Ось чому Єврокомісією (ЄК) та урядами країн-членів ЄС, а в останні роки і в Україні, визначено пріоритетність політики підвищення енергетичної ефективності в житловому секторі.

**Постановка проблеми.** Метою роботи є розглянути й проаналізувати за останні п'ять років (2015-2019 рр.) споживання в Україні енергоресурсів, їх структуру, а також вимоги та можливі перспективи підвищення енергетичної ефективності будівель з огляду на існуючу законодавчу та інформаційну базу, досвід України та інших країн.

**Результати досліджень.** За статистичними даними 2019 року [2] в Україні споживання енергоресурсів побутовим сектором становить близько 68,7 % у категорії інші, до якої також належать торгівля та послуги, сільське господарство, рибальство, інші споживачі. Споживання енергоресурсів у побутовому секторі за 2015-2019 р. наведено на рис 1, а розподіл за джерелами енергії, які споживають домогосподарства для опалення приміщення, представлено на рис. 2.

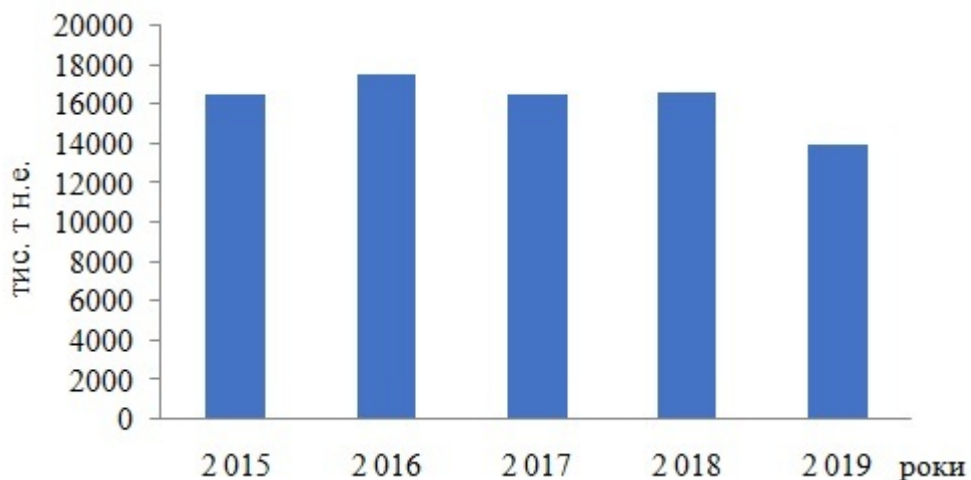


Рисунок 1 – Споживання енергоресурсів у побутовому секторі за 2015-2019 р.



Рисунок 2 – Джерела енергії для опалення житлових приміщень домогосподарств

На опалення приміщення витрачається найбільше енергоресурсів, порівнюючи з їх витратами на кондиціонування, підігрів води, приготування їжі, освітлення. Відповідно до рис. 1 витрати енергоресурсів за 2019 р. скоротилися в середньому на 16,75 % порівняно із наведеним періодом (2015-2018 рр.). У першу чергу це можна пояснити економією енергоресурсів населенням, оскільки саме оплата витрат на опалення є найбільш затратною статтею у бюджеті кожної родини. Згідно з рис. 2 за наведений період на 26,4-21,4 % скоротилося споживання природного газу, зумовлене підвищенням у осінньо-зимовий період його ціни, а також переорієнтацією населення на збільшення споживання твердого палива та біопалива. Останньому сприяло заохочення державою (кредитні програми) населення використовувати для опалення котли, що працюють як із використанням газу, так і твердого палива. При цьому використання для опалення біопалива та відходів у 2019 р. порівняно з 2015 р. зросло на 40 %, а порівняно з 2018 р. – лише на 2 % (рис. 2). Низьке зростання використання вказаного виду палива для опалення у житловому секторі можна пояснити низькою ресурсною базою у більшості регіонів, відсутністю налагодженої системи збору біосировини та її підготовки до використання. Використання відходів у вигляді відсортованої й подрібненої паливної суміші, сухих гранульованих пелет чи брикетів (RDF-паливо [3] або SRF-паливо [4]) більш поширене для вироблення енергії в комунальній теплоенергетиці [5].

По-друге, в останні роки у житловому секторі спостерігається більш активна робота по утепленню вже існуючих будівель та використанню більш прогресивних утеплювальних матеріалів для будівництва нового

житла. Таким чином, економічний стимул є найбільш вагомим у розвитку більш ефективного використання енергоресурсів для опалення будівель, особливо житлових.

Вимоги до енергетичної ефективності будівель визначають положення Директиви з енергоспоживання будівель – Directive 2010/31/ЄС (Energy Performance of Buildings Directive, EPBD), яка була прийнята для реалізації стратегії «Енергетика 2020. Стратегія конкурентної, сталої та безпечної енергії». Основним завданням EPBD є забезпечення створення на національному рівні бази для підвищення енергетичної ефективності житлових і громадських будівель з установленням ряду кількісних показників енергоспоживання та енергоефективності для новобудов; існуючих будівель; інженерних систем будівель; будівельних матеріалів і конструкцій. При цьому отримання енергетичного паспорта будівлі (energy performance certificates, EPCs) є обов'язковим, а для громадських будівель інформація про енергетичний паспорт має бути загальнодоступною [1].

Особливої уваги заслуговують додаткові вимоги, які були прийняті в остаточній редакції Директиви за пропозицією Європейського Парламенту, зокрема:

- кожна країна-член ЄС має розробляти і запроваджувати відповідні завдання з реалізації заходів з підвищення енергоефективності та встановлення незалежної системи контролю якості в будівельному секторі з урахуванням національних особливостей та економічних можливостей;
- цільові значення і показники національних вимог до енергетичної ефективності мають визначатися з урахуванням структури споживання первинних енергоресурсів (кВт·год/м<sup>2</sup>) або альтернативних індикаторів споживання енергії;
- під час реконструкції існуючих будівель обов'язково мають вживатися заходи з підвищення енергетичної ефективності й, за можливості, застосовуватися технології на основі поновлювальних джерел енергії;
- розробляти та впроваджувати спеціальні вимоги щодо енергетичної ефективності систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря;
- усі нові будівлі, починаючи з 2020 р., мають відповідати вимозі «нульового» енергоспоживання (громадські будівлі – з 2022 р.). Визначення терміну «нульове» енергоспоживання залишається за кожною країною-членом ЄС;
- кожна будівля повинна мати енергетичний паспорт з відображенням фактичних показників і планом з підвищення енергетичної ефективності будівлі [1].

Наведені вимоги знайшли своє відображення у Законі України «Про енергетичну ефективність будівель», зокрема, мінімальні вимоги до енергетичної ефективності будівель встановлюються центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері будівництва; визначено умови сертифікації енергетичної ефективності будівель та обов'язкова інформація, яка повинна бути зазначена в енергетичному сертифікаті; національний план збільшення кількості будівель із близьким до нульового рівнем споживання енергії розробляється з урахуванням вимог актів законодавства Європейського Союзу та Енергетичного Співтовариства т.ін. [6].

Для розширення взаємовигідної співпраці між країнами важливе значення в системі стандартизації та сертифікації має гармонізація стандартів. За основу стандартів, випущених Європейським Комітетом із стандартизації (EN), приймають стандарти IEC (International Electrotechnical Commission) або ISO (International Organization for Standardization) без змін або з незначними змінами, у цьому випадку використовується подвійне позначення, наприклад, EN ISO. Для досягнення визначених Директивою EPBD цілей та завдань запроваджено ряд європейських та гармонізованих міжнародних стандартів:

EN 15316-2-1 – визначено методику розрахунку енергопотребити та енергоефективності системи теплозабезпечення будівель;

EN 15232 – визначено вимоги до інженерних систем будівель з урахуванням класів енергоефективності;

EN 12831 – визначено порядок розрахунку теплової потужності систем водяного опалення;

EN 13829, EN 14501, EN 13779 – надають можливість порівняння показників енергоефективності будівель і їх енергетичної паспортизації;

EN ISO 13790 – визначено методологію розрахунку споживання енергії для опалення та кондиціонування та ін. [1].

Вимоги стандартів щодо питомого споживання енергії новими будівлями з часом переглядаються і посилюються, особливо в країнах-членах ЄС. Так, наприклад, зменшенню надходження енергії з зовнішніх теплових та електричних мереж повинно сприяти: підвищення теплоізоляції, рекуперації; власний виробіток енергії за допомогою сонячних батарей, колекторів, теплових насосів, вітрогенераторів і безпосереднього сонячного обігріву.

Останнім часом в ЄС не дозволяється будівництво об'єктів, які споживають понад 60 кВт·год/м<sup>2</sup> на рік (стандарт «будинки низького



споживання енергії»). Найближчим часом має розпочатися масовий перехід до зведення будинків з «нульовим» енергоспоживанням, а у перспективі – будівлі, що вироблятимуть більше енергії, ніж споживатимуть (стандарт – «будинок енергія плюс»). Розрахунки енергоефективності будівель і перевірка відповідності вимогам норм на стадії проектування обов'язкове для проектувальника [1].

В Україні енергетичний сертифікат щодо об'єкта будівництва є складовою частиною проектної документації на будівництво. Виготовляється енергетичний сертифікат енергоаудитором з використанням Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва та з присвоєнням реєстраційного номера в цій системі. Доступ до енергетичних сертифікатів є відкритим та безоплатним через портал Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва [6].

У паспорті кожної європейської будови вказується, якому стандарту енергоспоживання вона відповідає [1]. В енергетичному сертифікаті української будови у переліку з 12 пунктів є, зокрема, мінімальні вимоги до енергетичної ефективності будівлі; фактичне питома енергоспоживання будівлі (крім об'єктів нового будівництва); рекомендації щодо забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності будівлі (крім об'єктів будівництва) в економічно доцільний спосіб, які враховують місцеві кліматичні умови, є технічно й економічно обґрунтованими та в яких зазначаються заходи, які необхідно здійснити для реалізації таких рекомендацій [6].

Заходи з енергоефективності щодо введених в експлуатацію будівель повинні бути рентабельними, економічно обґрунтованими та сприяти досягненню цілей, визначених законодавством у сфері енергоефективності [7].

Результати розрахунків енергетичної ефективності будівель у різних країнах можуть бути представлені наступними показниками:

- річний обсяг споживання будівлею кінцевої енергії (Дані, Португалія, Швеція та Ірландія);
- річний обсяг споживання первинної енергії (Німеччина, Франція, Голландія, Греція);
- коефіцієнт теплопередачі окремих елементів огорожувальної конструкції будівлі (Іспанія, Фінляндія);
- обсяг споживання енергії та коефіцієнт теплопередачі (Норвегія).

В Україні згідно з наказом від 11.07.2018 №169 «Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель» Показниками енергетичної ефективності для будівель є: питома енергопотреба на

опалення, охолодження, постачання гарячої води; питоме енергоспоживання при опаленні; питоме енергоспоживання при охолодженні; питоме енергоспоживання при постачанні гарячої води; питоме енергоспоживання систем вентиляції; питоме енергоспоживання при освітленні; питоме енергоспоживання первинної енергії; питоме енергоспоживання викидів парникових газів. Визначаються показники енергетичної ефективності будівель розрахунковим методом [8].

Будівлі, в яких річна питома витрата енергії на опалення становить від 50 до 80 кВт·год/м<sup>2</sup>, є будівлями з низьким енергоспоживанням, і на їх будівництво були використані сучасні будівельні матеріали. Будівлі, в яких передбачені спеціальні заходи щодо використання нетрадиційних (поновлюваних) джерел енергії, що істотно впливають на зниження споживання енергії від традиційних джерел, – це «пасивні» будівлі.

Як свідчить досвід різних країн, річне споживання енергії для енергозберіючих будівель відповідає відповідному прийнятому стандарту.

У Німеччині енергозберігаючі будинки – це будівлі, які відповідають стандарту енергозбереження, тобто мають річне споживання енергії від 30 до 70 кВт·год/м<sup>2</sup>. Річне споживання енергії «пасивного» будинку не має перевищувати 15 кВт·год/м<sup>2</sup> за національним стандартом. Найпоширеніші на даний момент типи енергозберігаючих будинків у країні – це ефективні будинки за стандартом KfW-55 і 56KfW-70. Аббревіатура «KfW» походить від назви державного банку «Kreditanstalt für Wiederaufbau» – кредитна організація програм реконструкції. Цифра 55 в назві стандарту означає, що максимально допустиме значення річного споживання первинної енергії і втрат тепла при теплопередачі такого будинку становлять лише 55 % від мінімальних показників, встановлених актуальним національним розпорядженням про енергозбереження. Крім того, річне споживання первинної енергії такого будинку не повинно перевищувати 40 кВт·год/м<sup>2</sup> корисної площі будівлі [1].

У Швейцарії енергозберігаючим вважається будинок, побудований за стандартом MINERGIE-P. Такий стандарт передбачає розрахунковий показник потреби енергії для опалення, гарячого водопостачання та вентиляції у розмірі 38 кВт·год/м<sup>2</sup> на рік, споживання первинної енергії на рівні не більше 90 % від діючих в країні нормативних мінімальних показників, а також обов'язкове використання контрольованої вентиляції з рекуперацією тепла.

В Україні у сфері енергоефективності та охорони довкілля передбачається запровадження стандартів будівництва «пасивний дім» [9],

хоча нормативно-правових актів щодо показників «пасивного» будинку поки не передбачено, але при цьому умовно прийнято вважати будинок «пасивним», енергоспоживання якого не перевищує 40 кВт·год/м<sup>2</sup>, хоча звичайні будинки в країні сьогодні в середньому споживають не менше 120 кВт·год/м<sup>2</sup> (у середньому 150-260 кВт·год/м<sup>2</sup>) [1].

Відповідно до Енергетичної стратегії України на період до 2035 р. головними напрямками підвищення енергоефективності економіки України мають стати: скорочення енергоспоживання домогосподарств, комерційного та комунального секторів на потреби опалення шляхом підвищення енергоефективності житлових і громадських будівель, а також підвищення енергоефективності опалювальних приладів; оцінка потенціалу оптимізації системи центрального опалення шляхом переходу на індивідуальне опалення у регіонах та на об'єктах, де це є економічно доцільним [9].

**Висновки.** Отже, як свідчить міжнародний досвід, заходи з підвищення енергоефективності можуть принести суттєві результати тільки за умови скоординованої національної політики й чіткого керівництва на найвищому рівні. При цьому цільові значення і показники енергетичної ефективності для будівель повинні визначатися відповідними стандартами з урахуванням структури споживання первинних енергоресурсів.

#### Список використаних джерел

1. Досвід країн Євросоюзу з підвищення енергоефективності, енергоаудиту та енергоменеджменту з енергоощадності в економіці країн. Підготовлено відділом інформаційно-аналітичної роботи департаменту міжнародного співробітництва та євроінтеграції. 12/2017. Режим доступу: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/01/Pidvyshhennya-energoefektyvnosti-v-YES.pdf>.
2. Статистична інформація. Режим доступу: [http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/oper\\_new.html](http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/oper_new.html).
3. Альтернативне RDF-паливо для енергетики. ТОВ НБТР. Режим доступу: <http://pyriatyn.org.ua/data/files/new/RDF%D0%BF%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B2%D0%BE%20%D0%B4%D0%BB%D1%8F%20%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B8.pdf>.
4. SRF-паливо. Компанія «Агро Енерджі». Режим доступу: <https://agro-energy.co.uk/kompaniya>.
5. Романюк О. О., Яровенко В. С. Термохімічні способи одержання енергії з відходів // Енергозбереження та промислова безпека: виклики та перспективи: наук. – техн. зб.: матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф. (Київ, 2-3 червня 2020 р.). – К. : Основа, 2020. – С. 316-322.
6. Про енергетичну ефективність будівель [Електронний ресурс] : Закон України : [прийнято ВР України від 22.06.2017 № 2118-VIII] // Відомості

Верховної Ради України (ВВР). – 2017. – № 33. – Ст. 359. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19#Text>.

7. Про Фонд енергоефективності [Електронний ресурс] : Закон України : [прийнято ВР України від 08.06.2017 № 2095-VIII] // Відомості Верховної Ради України (ВВР). – 2017. – № 32. – Ст. 344. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2095-19#Text>.

8. Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель [Електронний ресурс] : Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 11.07.2018 № 169. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0822-18#n14>.

9. Енергетична стратегія України на період до 2035 р. «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» [Електронний ресурс] : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 18.08.2017 № 605-р. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text>.

## ЕЛЕКТРОННИЙ ТВЕРДОМІР ДЛЯ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕТАЛЕЙ

*Кравченко М. О.* – гр. БЕМ-17, студент, *nekirrin@gmail.com*

*Музиченко Д. А.* – гр. БЕМ-17, студент, *provedos@ukr.net*

*Кулік Т. І.* – д.т.н., доц., *t-81@ukr.net*

*Стаценко Д. В.* – к.т.н., доц., *statsd@ukr.net*

*Київський національний університет технологій та дизайну*

*У роботі запропоновано рішення по вдосконаленню приладу для вимірювання твердості матеріалів. Конструкція твердоміра, що працює за методом Роквелла, оптимізована шляхом встановлення мікроконтролера, електромеханічного приводу та датчиків. Це дозволило спростити конструкцію приладу, підвищити його надійність та знизити вартість при збереженні високої точності вимірювань.*

*The paper proposes a solution to improve the device for measuring the hardness of materials. The design of the Rockwell hardness tester is optimized by installing a microcontroller, electromechanical drive and sensors. This has simplified the design of the device, increased its reliability and reduced cost while maintaining high measurement accuracy.*

**Вступ.** Сучасне машинобудування неможливо уявити без якісних, надійних та витривалих матеріалів. Для встановлення таких робочих якостей, як міцність, жорсткість, здатність опору змінним навантаженням, ресурс деталей на виробництвах, в ремонтних та діагностичних майстернях виникає потреба у вимірюванні ступеня твердості металевих елементів. Твердість металу – це його здатність пластично деформуватися під впливом предмета з більшою твердістю (індентора). Випробування на твердість є дуже поширеним вимірюванням, оскільки воно не тільки визначає міру опору виробу, але й його стійкість до змінних навантажень. Перевагою випробовувань на визначення твердості є те, що дане дослідження є неруйнівними, а прилади для вимірювання твердості металів можуть бути як стаціонарними, так і переносними. Вимірювання можна проводити на еталонних зразках (виготовлених з того ж матеріалу або сплаву, що пройшов таку саму термічну обробку) або на готових деталях. Єдина умова – у разі перевірки готових деталей необхідно вжити заходів, щоб об'єкт перевірки не мав зовнішніх пошкоджень.

Вибір методу контролю твердості залежить від:

- початкових механічних показників опору механічному впливу, еластичності та пластичності виробу;
- розмірів зразка (або стику сусідніх конструктивних елементів, якщо твердість встановлюється в зоні, наприклад, зварного шва);
- кінцевого результату: встановити твердість самого виробу або твердість лише його поверхні (виконується для деталей, які пройшли специфічну термічну обробку або інший тип поверхневого зміцнення);
- вимог до умов випробування: у польових умовах використовують нестационарні портативні твердоміри;
- стабільності результатів вимірювань та їх відтворюваності при повторних випробуваннях.

Твердістю вважається стійкість металу до незворотних пластичних деформацій, і тому відрізняється від інших вимірювань наявністю спеціальних уніфікованих приладів – тестерів твердості для металів. Твердоміри використовуються для визначення твердості м'яких сплавів та кольорових металів, чавуну та нетвердих сталей згідно з нормативними документами [1-4].

**Постановка проблеми.** Існують різні шляхи вимірювання твердості матеріалів: вимірювання твердості за Брінеллем, за методами Роквелла, Віккерса, Шора та ін. Застосування різних методів вимірювань твердості матеріалів обумовлене механічними властивостями матеріалів і конструктивно-технологічними особливостями виробів.

Твердість за Брінеллем вимірюється сталеву кулею або кулькою з карбїду вольфраму та дозволяє встановити твердість матеріалів, яка перевищує твердість звичайної сталі. Для інструментальних сплавів необхідний твердосплавний індентор. Звичайна сталева куля використовується для вимірювання твердості деревини, міді, алюмінію, дюралюмінію, нержавіючої сталі, скла. Тобто твердомір може бути застосований не лише до металів. Метод Брінелля для визначення твердості передбачає забивання кульки індентора (загартованої сталі або твердого сплаву) у поверхню зразка. В результаті на металі залишається заглиблення у вигляді фрагмента сфери певного діаметра та глибини, що дозволяє визначити ступінь твердості за Брінеллем (НВ). За результатами вимірювання діаметра відбитка на деякому матеріалі твердість за Брінеллем обчислюють за формулами або визначають за таблицею показників твердості за Брінеллем.

Метод Роквелла для визначення твердості металів передбачає забивання алмазного конуса або загартованої сталевий кульки в попередньо зашліфовану поверхню зразка. На відміну від попереднього методу, твердість Роквелла (HR) передбачає визначення глибини вдавнення. Метод Роквелла вважається більш оперативним, і в сучасних тестерах твердості процес тестування та подальша обробка його результатів автоматизовані. Суть методу Роквелла полягає у тому, що попередньо обирається певна опорна точка, і отримана для цієї координати глибина проникнення індентора віднімається з довільно обраної максимальної глибини відбитку.

Принцип роботи твердоміра за Вікерсом визначається уколом індентора у вигляді алмазної піраміди на квадратній основі, яка має кут вершини  $136^\circ$ . Твердість по Вікерсу – це твердість матеріалу, розрахована на основі розміру поглиблення, що утворюється при зануренні алмазної піраміди індентора, обчислюється діленням навантаження на площу отриманого пірамідального відбитку. Після «уколу» на поверхні зразка для тестування залишається відбиток у формі ромба (іноді неправильний). Значення діагоналі цього ромба (або середнє арифметичне двох діагоналей) використовується для встановлення числа твердості за Вікерсом.

Метод Шора зазвичай використовується для вимірювання твердості низькомодульних матеріалів, таких як полімери: пластмаси, еластомери, каучуки та продукти їх вулканізації. Сутність методу полягає у визначенні висоти, на яку після удару об поверхню досліджуваного зразка відскакує бойок, що падає з певної висоти. Твердість за Методом Шора оцінюють в умовних одиницях, пропорційних висоті підскакування бойка. Метод відрізняється відносно великою дисперсією значень результатів вимірювань, але він практичний своєю простотою (включаючи конструкцію вимірювального пристрою) та ефективністю вимірювань, що дозволяє проводити їх, у тому числі на готових виробах, великих деталях та криволінійних поверхнях з досить великим радіусом. Завдяки цьому він широко використовується у виробничій практиці.

На сьогоднішній день на ринку обладнання склалася ситуація, коли існує безліч пропозицій від різних виробників, різних категорій ціни й точності, але більшість з них часто не задовольняють багатьох підприємців або фінансовою стороною питання, або класом точності, або зручністю використання та масо-габаритними характеристиками.

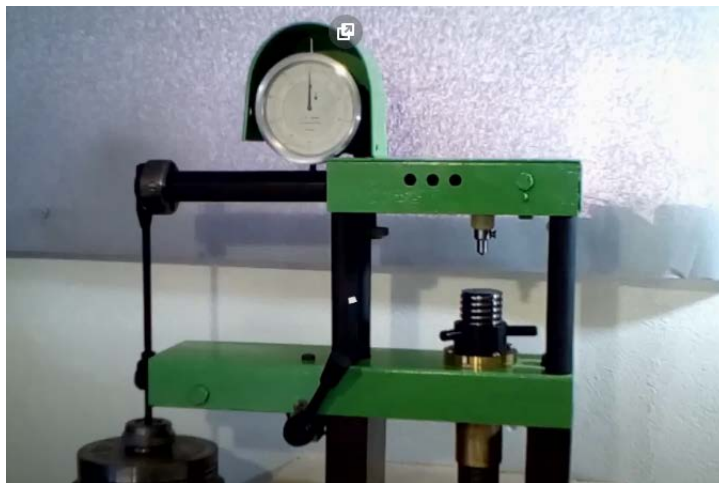
У зв'язку із частиною вище перерахованих проблем, громадянином України Максимом Буяновим було розроблено універсальний прилад для визначення твердості за методом Роквелла [5], який дає змогу оцінити

ступінь твердості за однією зі шкал, відповідно до досліджуваного матеріалу, зробивши мінімальні зміни у налаштуванні та оснастці. Крім того, винахідник відкрив повний доступ до креслень деталей та склав інструкцію для складання, налаштування та використання свого приладу [6].

Зазначена конструкція має деякі недоліки, яких можна позбутися, вдосконаливши конструкцію за рахунок електромеханічного приводу, який зменшить масу та габарити приладу, зробивши непотрібною вагу, що виконує тестове навантаження, ряду датчиків та мікроконтролера, які автоматизують налаштування при зміні шкали та частину дій, що виконує оператор при дослідженні зразка.

Отже, метою дослідження є спрощення та здешевлення приладу для вимірювання твердості матеріалів за методом Роквелла з одночасним підвищенням його експлуатаційних якостей шляхом застосування автоматизованого електромеханічного приводу під програмним керуванням.

**Результати досліджень.** Зазначена на рис. 1 конструкція являє собою спрощену та удосконалену конструкцію приладу ТК-2М, оптимізовану для можливості виготовлення у будь-якій майстерні, що має у своєму парку фрезерний та токарний верстати, зварювальний апарат.



*Рисунок 1. Твердомір М. Буянова, оснований на конструкції ТК-2М*

Основним критерієм для приладу при змінюванні шкал, є випробувальне навантаження, що досягає свого максимуму у шкалі HRC – 150 кгс, що традиційно досягається завдяки ваги та важеля. Але існує можливість замінити вагу на компактний електродвигун з черв'ячним редуктором для забезпечення самогальмування лебідки, що задає лінійне



навантаження на пружину, яка зробить наростання зусилля на важелі поступовим. Також приводом може бути гідравлічний циліндр, що буде діяти на важіль.

Необхідне навантаження може задаватись з повіркою на тензодатчики, що дадуть змогу мікроконтролеру зупинити збільшення навантаження на необхідній відмітці, виключаючи необхідність тонкого налаштування ваги, розрахунку та підгонки деталей, так як прилад буде здійснювати регуляцію навантаження автоматично при кожному дослідженні, нівелюючи можливе виникнення погрішностей, спровокованих зміною потужності двигуна або тиску гідравлічного циліндру, що є досить розповсюдженою проблемою в твердомірах, що використовують будь-який привод, замість ваги.

Ступінь заглиблення індентора може бути визначена за допомогою звичайного електронного мікрометра з можливістю виводу цифрових даних. Для отримання показань з мінімальною погрішністю, у приладі ТК-2М використовують важіль збільшення ходу індикатора, але можлива реалізація на основному важелі.

Робота з приладом передбачає такі операції:

1. Встановлення оператором зразка на столик (рис. 2).
2. Регулювання висоти позиціонування таким чином, щоб кінець індентора торкався поверхні зразка (рис. 3).



*Рисунок 2. Встановлення досліджуваного зразка*



*Рисунок 3. Піджим поверхні зразка до індентора*

3. Вибір налаштувань для обраної шкали та індентора.
4. Запуск процесу вимірювання.

5. Зчитування показників з дисплею після завершення вимірювання.

При цьому, прилад виконує наступні операції:

1. Після подачі команди «пуск», контролер запускає двигун приводу та зчитує покази тензодатчика. Покази попередньо обнулені перед запуском приводу, тобто враховується тільки навантаження, що діє через індентор.

2. При досягненні навантаження 10 кгс (попереднє навантаження) привод зупиняється.

3. Виконується витримка часу 5 секунд, знімаються покази з мікрометра (глибина занурення індентора при попередньому навантаженні  $h$ ) після чого виконується повторний пуск приводу. Робота приводу припиняється при досягненні основного навантаження в сумі з попереднім (залежить від шкали дослідження, для HRC 160 кгс).

4. Виконується витримка 10 секунд.

5. Привод запускається у зворотному напрямі для зняття навантаження до 10 кгс, після чого знімаються покази мікрометра (глибина занурення індентора після основного навантаженні  $H$ ).

6. Виконується обчислення твердості за формулою, до якої підставляються виміряні значення та константи відповідно до обраної шкали:

$$HR = N - \frac{H-h}{s},$$

де різниця  $H - h$  являє собою різницю глибин занурення індентора після зняття основного навантаження і до її застосування (при попередньому навантаженні) в мм;  $N$ ,  $s$  – константи, що залежать від конкретної шкали Роквелла.

7. Обчислені покази виводяться на дисплей.

8. Опис процесу роботи приладу у часовій діаграмі показано на рис. 4.

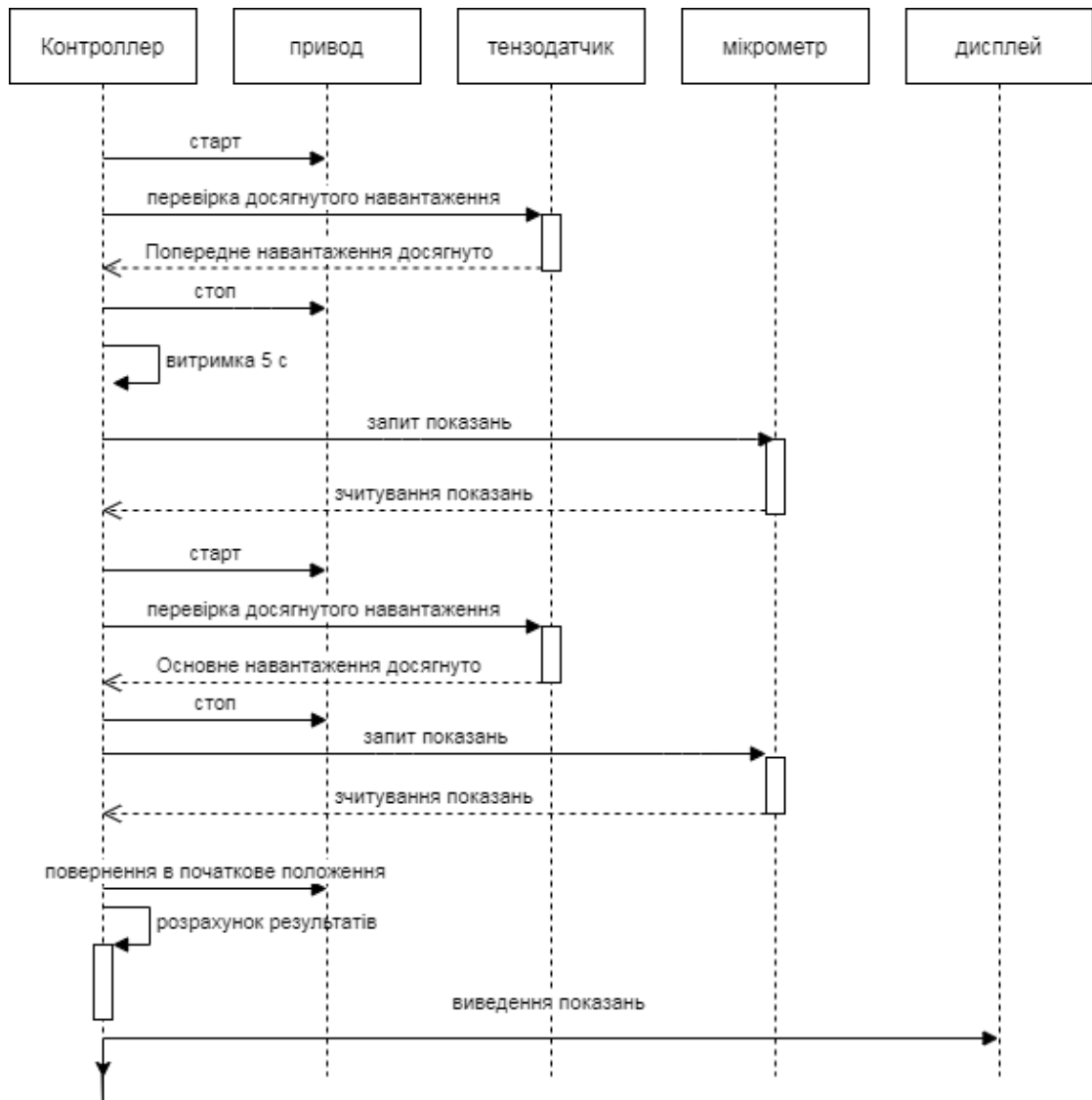


Рисунок 4. Часова діаграма роботи приладу

**Висновки.** Найважливішими вимогами до пристроїв вимірювання твердості є оперативність дослідження зразків, максимальна точність та мінімальні габарити й маса, але також значну роль відіграє і вартість обладнання. Результатом дослідження стало розроблення приладу на основі конструкції та принципів роботи твердоміру М. Буянова, що, в свою чергу, є спрощеним функціональним аналогом приладу ТК-2М.

На відміну від приладу ТК-2М, у якому функцію збільшення ходу індикатора реалізовано окремим важільним вузлом, цю функцію виконує основний важіль навантаження, що значно спрощує конструкцію, дає змогу відмовитися від великої кількості деталей, які потребують точної підгонки, за рахунок чого досягається зменшення витрат на виробництво та підвищується надійність приладу за рахунок ліквідації деталей, поломка або пошкодження яких може призвести до виводу з ладу приладу. За рахунок спрощення конструкції важільної системи навантаження

з'являється обмеження розміру зразка, який має знаходитися між приводом та стойкою важеля. Вага заготовки обмежена граничним значенням вимірювання тензодатчика, який в свою чергу може дати деформаційну погрішність. Оскільки обрано методику вимірювання зі зняттям випробувального навантаження перед вимірюванням глибини занурення індентора, то погрішність має бути незначною, або її буде легко скорегувати шляхом знаходження залежностей та внесення поправок для розрахунків у програмну складову.

#### Список використаних джерел

1. ДСТУ EN ISO 6506-1:2019 (EN ISO 6506-1:2014, IDT; ISO 6506-1:2014, IDT) Матеріали металеві. Випробування на твердість по Брінеллю. Частина 1. Метод випробування. [Чинний від 01.11.2019]. Київ, 2019. (ГП «УкрНИУЦ»).
2. ДСТУ ISO 6508-2:2010 (ISO 6508-1:2005, IDT) Національний стандарт України. Металеві матеріали. Визначення твердості за Роквеллом. Частина 2. Повірка та калібрування приладів для вимірювання твердості (шкали А, В, С, D, E, F, G, H, K, N, T). [Чинний від 01.07.2014]. Київ, 2013. (ТК «Стандартизація методів контролю механічних, металографічних та корозійних властивостей металопродукції»).
3. ДСТУ ISO 6507-1:2007 Матеріали металеві. Визначення твердості за Вікерсом. Частина 1. Метод випробування (ISO 6507-1:2005, IDT). Поправка № 1. [Чинний від 01.02.2018]. Київ, 2018. (ДП «УкрНДНЦ»).
4. ГОСТ 23273-78 Металлы и сплавы. Измерение твердости методом упругого отскока бойка (по Шору) [Чинність документа відновлено з 01.01.2019] (Міждержавний стандарт).
5. Буянов М. Самодельный твердомер Роквелла. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=AKd0mjOOI0Q> (дата звернення: 10.03.2021).
6. Буянов М. Твердомір. URL: <https://drive.google.com/file/d/1y5mD4SBg3MIFCSW1mMCOZr3ZV2AqUIAL/view> (дата звернення: 10.03.2021).

## СУЧАСНІ ВЕНТИЛЬНІ ЕЛЕКТРОДВИГУНИ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ

*Розульчик О.С.* – гр. БЕМ-17, студент

*Осипенко В.В.* – д.т.н., професор, [vvo7@ukr.net](mailto:vvo7@ukr.net)

*Київський національний університет технологій та дизайну*

*Обґрунтовано доцільність використання у техніці вентильних електродвигунів та вказані їх перспективи. Розглянуто конструкцію вентильних двигунів, наведено класифікацію, представлено способи керування. Зроблено висновок про напрями вдосконалення вентильних двигунів.*

*The expediency of using valve electric motors in the technique is substantiated and their prospects are indicated. The design of valve motors is considered, the classification is given, the control methods are presented. The conclusion about directions of improvement of valve diguns is made..*

**Вступ.** Основним напрямком удосконалювання сучасних електромеханічних систем є підвищення їхньої продуктивності, економічності та надійності, засноване на застосуванні новітніх досягнень матеріалознавства, перетворювальної техніки та автоматики. На сьогоднішній день інтенсивно розвиваються нові типи електричних машин, що пов'язано з підвищенням вимог до таких їх характеристик, як: діапазон регулювання швидкості, динаміка та точність руху, ККД, надійність, а також енерго- та ресурсоощадність [1].

Колекторні машини постійного струму, які донедавна найчастіше використовувались у регульованому електроприводі (ЕП), сьогодні досягли високого технічного рівня і мають гарну регульовальну здатність, володіють високими динамічними показниками та коефіцієнтом корисної дії, відрізняються простотою і технологічністю у виготовленні. Проте, дослідження свідчать, що колекторні машини постійного струму на даний час досягли своїх граничних параметрів [2]. Потреба в ЕП середньої і великої потужності із широким і плавним діапазоном регулювання частоти обертання на сучасному етапі розвитку не може бути забезпечена повною мірою за рахунок традиційних машин постійного струму, де щітково-колекторний вузол накладає серйозні обмеження на граничні значення потужності, частоти обертання, напруги [3].

Для електричних машин загального застосування проблеми використання машин постійного струму пов'язані з більш інтенсивним зносом щіток і збільшеним значенням реактивної ЕРС на високих частотах обертання. Для спеціальних машин тягових або автономних

електроприводів – з обмеженням корисної потужності, низькими масогабаритними показниками, для високодинамічних ЕП – високим моментом інерції частин, що обертаються. Виникають також проблеми з комутацією в умовах зниженого тиску і високої вологості повітря, особливо у перехідних режимах, що також призводить до підвищеного зносу щіток [4].

Альтернативою приводам з колекторними двигунами постійного струму сьогодні є приводи з вентильними, тобто електрично-комутованими двигунами.

**Постановка проблеми.** Тенденція до заміни колекторних електричних машин вентильними двигунами (ВД), що спостерігається на сьогоднішній день, обумовлена наступними факторами [5]:

1. Відбувся значний прогрес напівпровідникової техніки: на теперішній час створені потужні польові транзистори (напругою стік-витік до 1200 В і тривалим струмом до 75 А), біполярні транзистори з ізолюваним затвором (напругою до 1700 В і тривалим струмом до 45 А). Застосування в якості комутаційних елементів таких ключів дозволяє значно збільшити граничні потужності, підвищити надійність і зменшити експлуатаційні витрати.

2. Створені сучасні мікроконтролери (МК) з високими характеристиками. Застосування таких МК дозволяє збільшити діапазон і максимальну величину частоти обертання, а також реалізувати складні алгоритми управління.

3. Розвивається промислове виготовлення постійних магнітів з високими енергетичними показниками, що дозволяє створювати в малих обсягах великий магнітний потік та значно підвищити граничні потужності ЕМ.

4. Удосконалюється і впроваджується нове програмне забезпечення, яке дозволяє виконувати математичне та імітаційне моделювання, розрахунки і проектування різноманітних електротехнічних пристроїв, в тому числі ЕМ і систем керування ними з урахуванням впливу електромагнітних і теплових процесів.

ВД почали розвиватися у 1960-ті р.р. 20-го ст. у зв'язку з досягненням значних успіхів у області напівпровідникової техніки. Проте, широкого розповсюдження у ЕП вони досягли лише протягом останніх 15-20 років, поступово витісняючи колекторні машини у самих різних сферах завдяки своїм перевагам. Сьогодні такі двигуни використовуються у електроенергетиці, робототехніці, верстатобудуванні, автомобілебудуванні, авіації, морській та залізничній техніці, електропобутовій техніці та багатьох інших сферах.

Електродвигун є основною ланкою ЕП та значною мірою визначає характеристики останнього. Тому найбільш важливими вимогами для двигуна є високі динамічні та енергетичні показники при мінімально можливих габаритах та масі. Оптимального співвідношення вказаних характеристик можна досягти у ВД.

Метою роботи є аналіз існуючих конструкцій ВД, способів керування ними та сфери їх застосування.

**Результати досліджень.** Вентильний електродвигун (англ. Brushless DC-Motor, Selfcontrolled Synchronous Motor) – тип синхронної машини, реалізований в замкнутій системі з використанням датчика положення ротора, системи керування (перетворювача координат) і силового напівпровідникового перетворювача. Часто їх також називають безконтактними (безколекторними) двигунами постійного струму або оберненою машиною постійного струму.

ВД представлено на рис. 1. Він складається з ротора, роль якого виконує магнітний диск, статора та підшипників. [6, 7]. Усі деталі укладені в міцний корпус. Статор аналогічний тому, що використовується в асинхронних машинах. Основним його елементом виступає сталеве осердя, по периметру якого розміщується обмотка з міді. Від кількості обмоток залежить, до якого типу належатиме ВД (однофазний, двофазний, трифазний). Залежно від того, як витки обмотки розташовуються у статорі, форма електрорушійної сили може бути трапецевидною (BLDC) або синусоїдальною (PMSM).

Ротор являє собою кілька магнітів з постійним полем. Раніше для його виробництва застосовувалися магніти з фериту. Але рівень їх магнітної індукції досить малий, тому вони були замінені на вироби зі сплавів рідкоземельних елементів, що дозволяють досягти необхідного рівня індукції і одночасно зробити ротор більш компактним.

На теперішній час існує велика кількість різних конструкцій ВД, що різняться між собою способом збудження, конструкцією магнітної системи, родом струму, видом комутації, кількістю фаз і т.д. На рис. 2 наведена класифікація ВД.

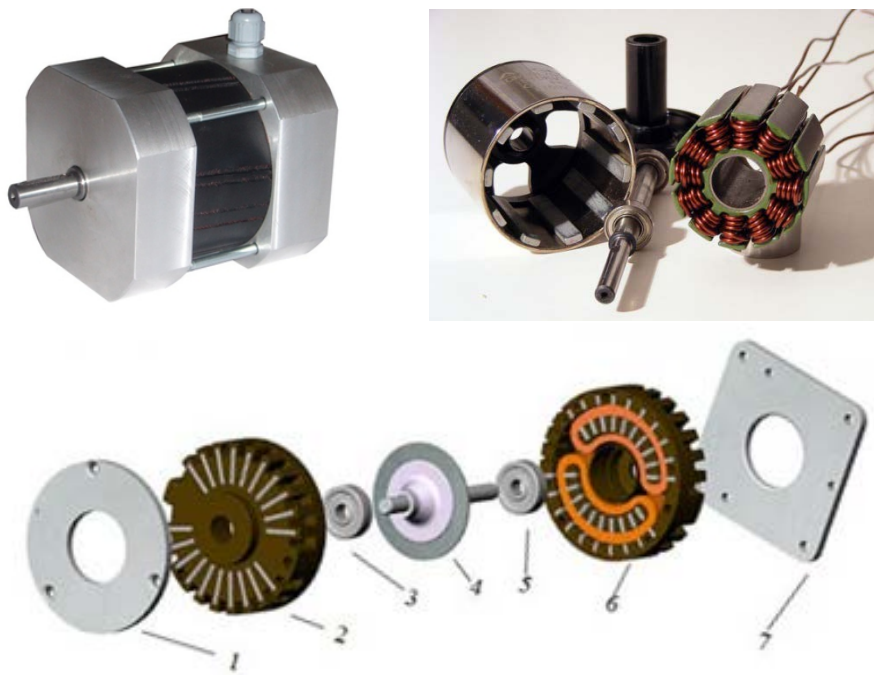


Рисунок 1. Вентильний двигун: а – зовнішній вигляд; б – елементи двигуна у розібраному вигляді; в – схема. 1 – задня частина корпусу; 2 – статор; 3, 5 – підшипники; 4 – магнітний диск (ротор); 6 – статор з обмоткою; 7 – передня частина корпусу

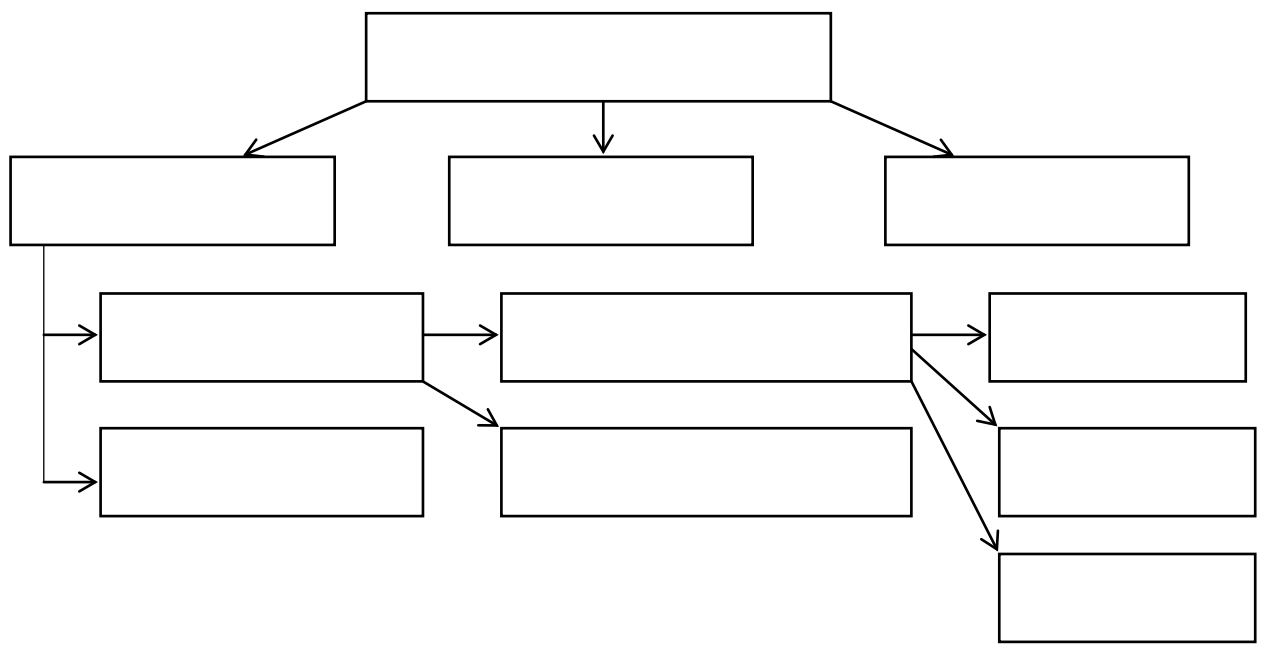


Рисунок 2. Класифікація вентильних двигунів

ВД можна умовно розділити три великі групи: ВД постійного струму, змінного струму та вентильно-індукторні двигуни. У всіх



вентильних електродвигунах спільною є наявність джерела постійного струму, у якості якого може бути використана акумуляторна батарея або джерело вторинного електроживлення – випрямляч. Основною відмінністю двигунів цих груп є тип застосовуваної електричної машини. ВД постійного струму будуються на базі синхронної машини з постійними магнітами, ВД змінного струму – на базі асинхронної машини, вентильно-індукторного двигуни – на базі індукторної машини.

По управлінню ВД постійного струму і електроприводи на їх основі можуть бути з векторним та скалярним (дискретним) управлінням.

Векторне керування дозволяє незалежно і без інерції керувати швидкістю обертання та моментом на валу двигуна. При цьому, крім зазначених параметрів, необхідно керувати ще й фазою напруги живлення (контролювати значення і кут просторового вектору) [8].

Векторне керування реалізується кількома способами [9]:

- поле-орієнтоване керування;
- керування моментом з просторово-векторною модуляцією потоку статора;
- пряме керування моментом з таблицею вмикання;
- адаптивне пряме керування моментом;
- пряме керування моментом з ШІМ-модуляцією;
- пряме самостійне керування.

Векторне управління має ряд переваг в порівнянні зі скалярним: висока стабільність електромагнітного моменту і частоти обертання, забезпечення максимально широкого діапазону регулювання. Однак реалізація векторного управління є складним завданням, зокрема, через більш складний алгоритм управління, більшу кількість елементів, що в цілому погіршує масогабаритні показники і надійність усієї системи.

Скалярний метод керування полягає у підтримці постійного співвідношення між значеннями напруги і частоти напруги живлення машини у усьому робочому діапазоні швидкостей. При цьому сила струму в обмотках, а отже й крутний момент на валу, залишаються незмінними. Така система проста в реалізації, але має певні недоліки:

- неможливо реалізувати систему керування асинхронним двигуном при різкому збільшенні навантаження без датчиків кутового положення ротору;
- система керування швидкістю з датчиком зворотного зв'язку під навантаженням синхронного двигуна має низьку точність і може вийти із синхронізму;
- неможливо одночасно керувати і моментом, і швидкістю.

З цих причин скалярне управління застосовується у високодинамічних та високошвидкісних електроприводах, де не вимагається плавність ходу і широкий діапазон частоти обертання.

Для реалізації алгоритму керування ВД, який живиться від мережі постійної напруги, потрібна інформація про поточне положення і частоту обертання ротора машини (зворотний зв'язок). Цю інформацію отримують на підставі сигналів датчиків кутового положення ротора або миттєвого значення струмів в фазах. У якості датчиків положення ротора застосовуються аналогові і цифрові датчики різного принципу будови і конструктивного виконання.

**Висновки.** Найважливішими вимогами для ВД є високі динамічні та енергетичні показники і мінімальні габарити й маса.

Динамічні показники визначаються швидкодією двигуна, але при цьому залежать від моменту інерції навантаження і моменту інерції обертових частин самого двигуна.

Зменшення габаритів і маси може бути досягнуто шляхом збільшення частоти обертання, проте зменшення габаритів призводить до погіршення енергетичних показників (ККД).

Таким чином, при проектуванні ВД для ЕП ставляться суперечливі вимоги по динамічним, енергетичним і габаритними показниками. Одночасне виконання усіх перерахованих вимог є складним і суперечливим завданням, для вирішення якого необхідно використовувати методи оптимального проектування, які дозволять отримати ВД, що відповідатиме усім вищевказаним показникам.

#### Список використаних джерел

1. Гребеников В. В. Сравнительный анализ вентильных двигателей индукторно-реактивного типа с постоянными магнитами на роторе. Праці Інституту електродинаміки НАН України, 2011. URL: <http://dspace.nbuiv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/64009/14-GrebenikovNEW.pdf?sequence=1>.
2. Ишутинов В. В. Применение методов оптимизации при проектировании вентильных электродвигателей постоянного тока с постоянными магнитами для специальных приводов. Электротехника. 2014, №4. С.46-50.
3. Захаров А. А. Сравнительный анализ коллекторных асинхронных и вентильных электродвигателей, применяемых в узлах железнодорожной автоматики. *Общество, наука, инновации* : сб. матер. Всероссийской научно-практической конференции. 2014. с. 2059-2061.
4. Волчуков Н. П., Фаран А. Ш. Сравнительный анализ рабочих характеристик вентильных двигателей различного исполнения. *Технічна*

*електродинаміка*. 2002. Тематичний випуск: Проблеми сучасної електротехніки, Ч.4. С.91-94.

5. Иштуinov В. В. Моделирование электромагнитного поля вентильного электродвигателя. Общество, наука, инновации (НПК-2014) : сб. матер. Всероссийской ежегодная научно-практической конференции. Вятский государственный университет, 2014. С. 2046-2047.

6. Вентильний двигун: принцип роботи і схема. URL: <https://uk.ellas-cookies.com/domashniy-uyut/13531-ventilnyy-dvigatel-princip-raboty-i-shema.html>

7. Вентильний двигун: конструктивні особливості і принцип дії, переваги та недоліки. URL: <https://sitemasters.com.ua/elektrobladnannja/ventilnij-dvigun-konstruktivni-osoblivosti-i/>

8. Векторное управление двигателем URL: <https://engineering-solutions.ru/motorcontrol/vector/>

9. Бороденко Ю. М. Електричні системи і комплекси транспортних засобів. Розділ «Мехатронні системи приводу автомобіля»: конспект лекцій. Харків: ХНАДУ, 2019. 121 с.

## МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ВЕНТИЛЬНИМ ДВИГУНОМ З ПІДВИЩЕНОЮ ЖИВУЧІСТЮ

*Трихлєб А.С.* – гр. БЕМ-17, студент, *jierpontuq@gmail.com*  
*Шинкаренко В.В.* – гр. БЕМ-17, студент, *valiks152@gmail.com*  
*Павленко В.М.* – к.т.н., доц., *pavlenko.vm@knutd.edu.ua*  
*Київський національний університет технологій та дизайну*

*Синтезована математична модель трифазного синхронного двигуна зі збудженням від постійних магнітів, що дозволяє досліджувати робочі і перехідні режими двигуна. Розроблено імітаційну модель, що дозволяє досліджувати перехідні режими в вентильному електроприводі. Розраховані характеристики системи регульованого електроприводу*

*A mathematical model of a three-phase synchronous motor with excitation from permanent magnets is synthesized, which allows to study the operating and transient modes of the motor. A simulation model has been developed that allows to study transient modes in a valve electric drive. The characteristics of the adjustable electric drive system are calculated*

**Вступ.** Для виробничих об'єктів, що вимагають підвищеної живучості електроприводу, розвиток напівпровідникових перетворювачів сприяв використанню в даній сфері вентильного електроприводу. На сьогоднішній день, застосування вентильного електроприводу стає все більш затребуваним завдяки високим показникам ККД, коефіцієнта потужності і широкого діапазону регулювання. Все це дозволяє використовувати даний електропривод в багатьох сферах промисловості таких як космічна, медична, ВПК тощо.

Вентильний електропривод є електромеханічною системою, до складу якої входять синхронна машина, з збудженням від постійних магнітів, система електричних ключів (вентилів), яка забезпечує живлення обмоток статора, і система управління інвертором, оснащеної давачами положення ротора і давачами струму.

**Постановка проблеми.** Метою є розрахунок і вибір приводного двигуна, математичне моделювання вентильного двигуна. В даному дослідженні вентильний двигун застосовується в системі електроприводу, призначеного для управління відцентровим насосом. В роботі розглядається імітаційна модель спроектованої машини в середовищі

MatLab Simulink, яка дозволяє змоделювати параметри роботи даного двигуна і вивчити його роботу в реальних умовах.

**Результати дослідження.** Розроблюваний електропривод повинен мати ряд параметрів і конструктивних особливостей:

- відсутність щітково-колекторного вузла;
- високий пусковий момент;
- широкий діапазон регулювання;
- тривалий режим роботи;

Такий параметр як «відсутність щітково-колекторного вузла» значно знижує коло потенційних типів електроприводів. Вибір зводиться до двох типів двигунів: асинхронний з короткозамкненим ротором і вентильний. Асинхронний двигун, в порівнянні з вентильним має ряд недоліків, таких як:

- високі значення пускових струмів;
- висока кратність пускових струмів до номінальних, при високому пусковому моменті;
- при штучному зниженні значень пускового струму значно зменшується пусковий момент.

Виходячи з цього, для подальшого дослідження обрано електропривод з вентильним двигуном.

До основних переваг можна віднести:

- точність позиціонування, швидкодія;
- високий діапазон регулювання частоти обертання (1: 10000 і більше);
- відсутність щітково-колекторного вузла, що вимагає періодичного обслуговування;
- високі енергетичні показники;
- велика перевантажувальна здатність по моменту;
- порівняно низька теплонавантаженість;
- можливість управління без використання датчика положення ротора. недоліки:
  - складна система управління щодо інших типів електроприводу;
  - висока ціна, внаслідок використання складної електронної системи управління;

Але, при регулюванні швидкості обертання валу з використанням векторного управління використання будь-якого з існуючих типів електродвигунів тягне за собою застосування дорогої електронної системи управління.

Розрахунок характеристик системи регульованого електроприводу PEOR 180 M4 компанії VEM motors GmbH та насосу Calpeda NM 40/16A/C за умов роботи у парі з перетворювачем частоти з широтно-імпульсним методом управління ПЧ фірми «SINAMICS» PM230 та перевірка необхідних умов:

$$Q_{\text{на}} = 0,065 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$\text{Натиск } H = 25 \text{ м}$$

$$\text{швидкість обертання валу } n = 1450 \text{ об / хв}$$

$$\text{ККД насосу } \eta_{\text{на}} = 0,75$$

$$\text{ККД передачі } \eta_{\text{п}} = 1$$

$$\text{щільність рідини, що перекачується } \rho = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$\text{коефіцієнт запасу } K_3 = 1,2$$

Знайдемо синхронну кутову швидкість обертання двигуна:

$$\omega_c = \frac{\pi \cdot n_c}{30}$$

$$\omega_c = \frac{3,14 \cdot 1500}{30} = 157,07 \text{ рад/с}$$

Номінальне значення моменту двигуна:

$$M_H = \frac{p_H}{\omega_H}$$

$$M_H = \frac{22000}{157,07} = 140,06 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

При номінальній напрузі мережі живлення максимальний момент двигуна визначається за формулою:

$$M_{\text{max}} = k_{\text{max}} M_H$$

$$M_{\text{max}} = 1,25 \cdot 140,06 = 175,08 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Номінальна ЕРС двигуна:

$$E_{1H} = 0,95 \cdot U_H$$

$$E_{1H} = 0,95 \cdot 337,25 \text{ В}$$

Рівняння кутової характеристики синхронного двигуна:

$$M(\theta) = \frac{3 \cdot U_H \cdot E_{1H}}{\omega_0 \cdot X_1} \sin \theta$$

$$M(\theta) = \frac{3 \cdot 355 \cdot 337,25}{157,07 \cdot 13,04} \sin \theta = 175,36 \sin \theta \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Кутова характеристика, побудована відповідно до отриманого виразу представлена на рис 1.

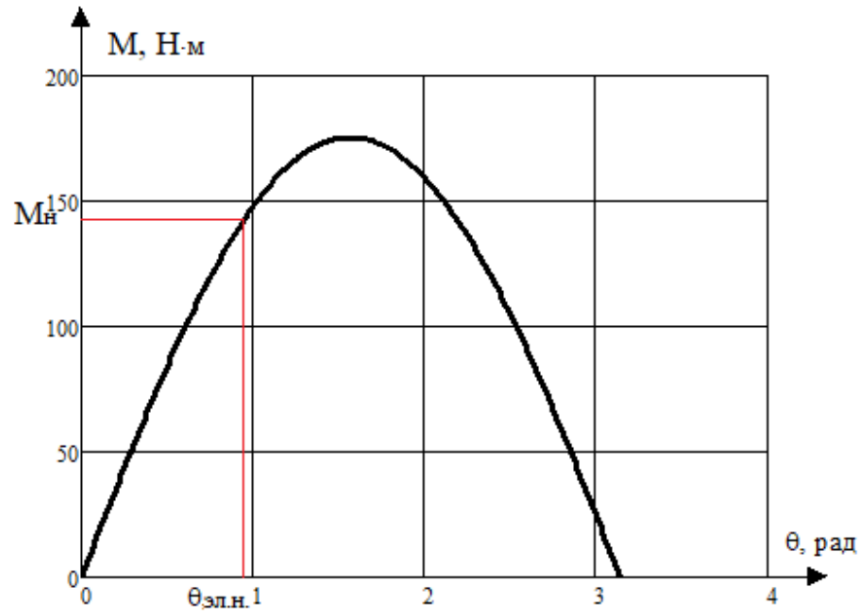


Рисунок 1 - Кутова характеристика

Статична механічна характеристика синхронного двигуна має форму прямої лінії, паралельної осі моментів, і перетинає вісь ординат в точці, що відповідає номінальній швидкості обертання

Механічна характеристика представлена на рис 2.

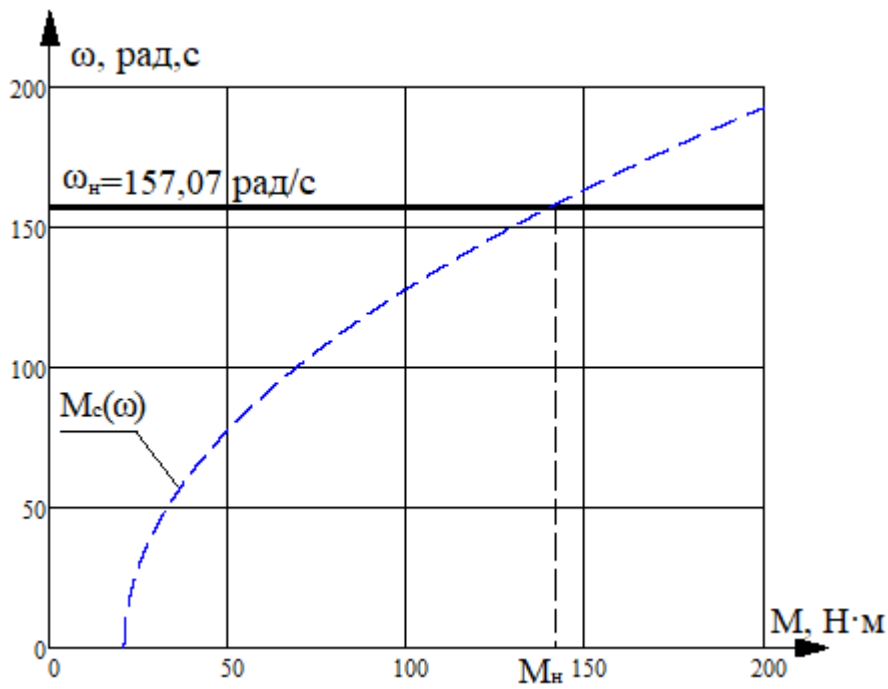


Рисунок 2 - Механічна характеристика

Механічна характеристика приводного механізму задається виразом:

$$M_c(\omega) = 0,15 \cdot M_H + 0,85 \cdot M_H \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_H}\right)^2$$

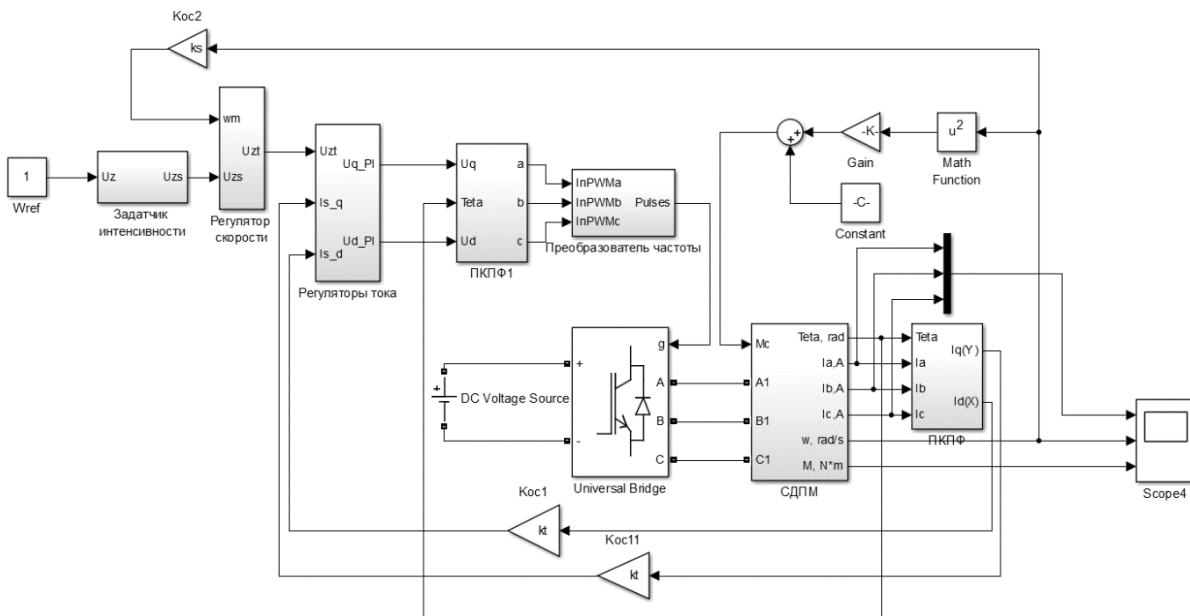
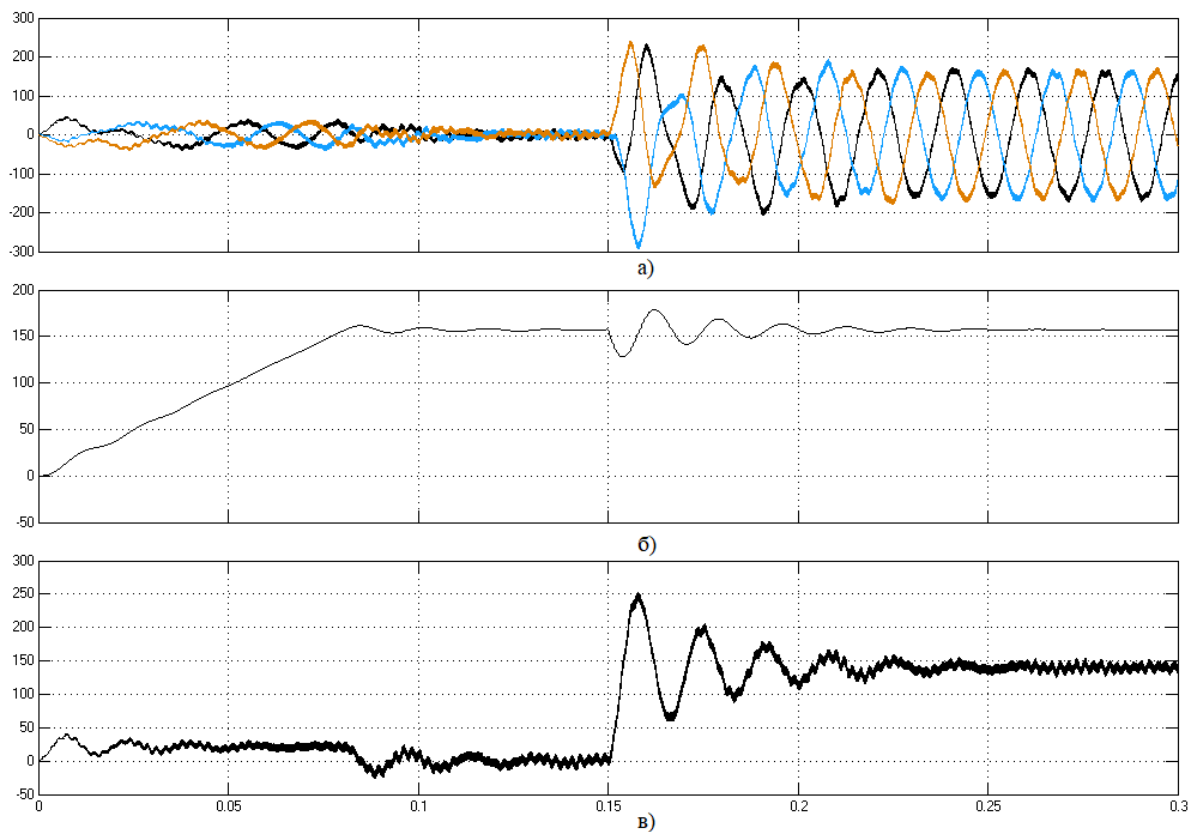


Рисунок 3 - Імітаційна модель ВД.

На рис 4 представлені графіки перехідних процесів швидкості, моменту і струму вентильного двигуна при пуску і подальшому набірні навантаження.



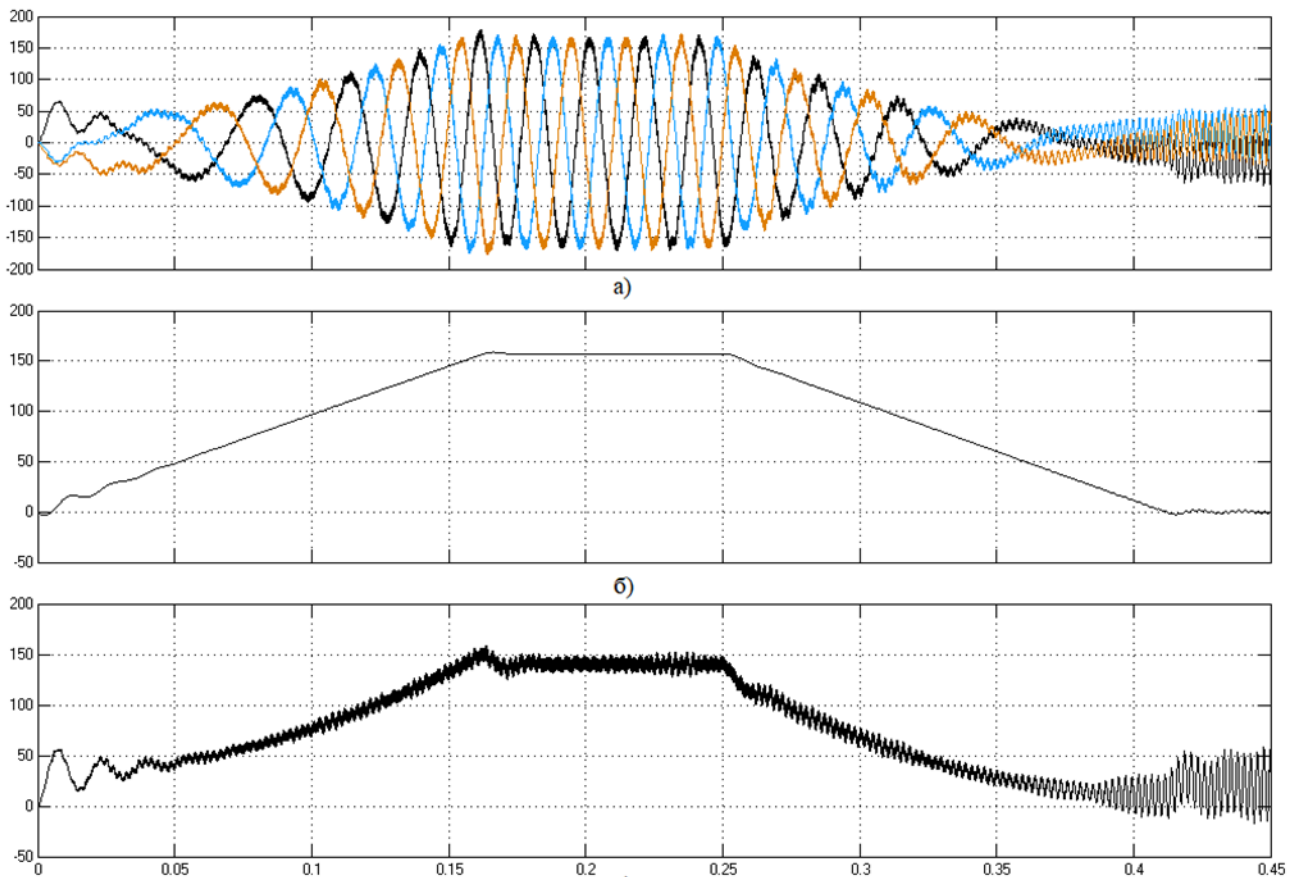


*Рисунок 4 - Графіки перехідних процесів а) струму; б) частоти обертання  
в) моменту вентильного електроприводу при пуску і набиранні*

Набирання навантаження в реальному електроприводі не відбувається. Дане дослідження необхідно для перевірки адекватності зібраної в MATLAB імітаційної моделі вентильного електроприводу. Номінальний момент накладається в момент часу  $t = 0.15\text{с}$  і відповідає номінальній швидкості електроприводу. Швидкість холостого ходу відповідає синхронній швидкості обертання за вирахуванням втрат, що означає відповідність нормальному режиму роботи моделі і дозволяє зробити висновок про вірність зібраної моделі.

Найважчий режим роботи асинхронного двигуна - пуск, але використання задатчика інтенсивності дозволяє уникнути кидки струму і пускового моменту. Іншим найбільш важким режимом є наброс номінального навантаження, який супроводжується кидком струму до 250 А і великими коливаннями моменту.

Пуск під номінальним навантаженням буде відбуватися ще з більш великим пусковим струмом, але в реальному установці цього не відбувається.



*Рисунок 5 - Графіки перехідних процесів а) струму; б) частоти обертання; в) моменту вентиляторного електроприводу при пуску і гальмуванні під вентиляторної навантаженням.*

Навантаження буде зростати в міру збільшення швидкості обертання, тобто є вентиляторною. Тому пуск під номінальним навантаженням в даній роботі не розглядається. Гальмування вибігом займає порівняно довгий час і супроводжується стрибком моменту. Тому було прийнято рішення здійснювати гальмування поступовим зменшенням частоти і напруги. Перехідні процеси моменту, швидкості і струму за цикл роботи (пуск, робота в номінальному режимі, гальмування) представлені на рис 5.

Спочатку розгону перехідний процес якісно збігається з процесом під час пуску і подальшому набиранні навантаження. Далі в міру розгону двигун виходить на номінальний режим роботи з моментом опору на валу  $140 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .

**Висновок.** На основі диференціальних рівнянь, що описують роботу трифазного синхронного двигуна зі збудженням від постійних магнітів, була синтезована математична модель, що дозволяє досліджувати робочі і

перехідні режими двигуна. Розроблено імітаційну модель, що дозволяє досліджувати перехідні режими в вентильному електроприводі.

#### **Список використаних джерел**

1. Shane W. Colton Design and Prototyping Methods for Brushless Motors and Motor Control
2. Libor Prokop, Leos Chalupa 3-Phase BLDC Motor Control with Sensorless Back EMF Zero Crossing Detection Using 56F80x
3. Hazrimi Bin Omar Design of Driver Brushless Direct Current Motor(BLDC)
4. Електронний каталог [Електронний ресурс]: база даних містить відомості про СДПМ URL: [https://www.vem-group.com/fileadmin/content/pdf/Download/Kataloge/Kataloge/pm\\_en.pdf](https://www.vem-group.com/fileadmin/content/pdf/Download/Kataloge/Kataloge/pm_en.pdf)
5. Електронний каталог [Електронний ресурс]: база даних містить відомості про насоси URL: <https://www.calpeda.co.th/PDF/industrial/NM.pdf>
6. Електронний каталог [Електронний ресурс]: база даних містить відомості про перетворювачі частоти URL: <https://www.mege.ru/upload/SIEMENS/docs/6SL3210-1NE31-1UL0.pdf>

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ СЕПАРАЦІЇ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ

*Кулеш Я.М.* – аспірантка, *kulesh201527041995@gmail.com*

*Панасюк І.В.* – д.т.н., професор, *panasjuk.i@knuvd.com.ua*

*Київський національний університет технологій та дизайну*

*Проведено аналітичний огляду існуючих сепараторів. Визначено області їх застосування. Систематизовано інформацію щодо раціонального вибору методів і технологічного обладнання для сепарації компонентів сипких матеріалів та виробів в залежності від технологічних завдань.*

*An analytical inspection of existing separators. The areas of their application are defined. The information on the rational choice of methods and technological equipment for the separation of components of bulk materials and products depending on the technological tasks is systematized.*

**Актуальність тематики дослідження.** Більшість методів виробництва сипких матеріалів та виробів з них дає продукти з широким гранулометричним складом, що часто є недоліком при їх використанні. Сепарація (розділення гранульованих порошків) входить та є невід’ємною частиною первинних процесів оброблення (харчової, гірничої, газовидобувної, сільськогосподарської та легкої промисловості). Одна з проблем, що існують це правильний вибір сепаратора для розділення фракцій сипких матеріалів та виробів.

**Постановка проблеми.** Мета роботи - аналітичний огляд існуючих сепараторів та визначення області їх застосування для раціонального вибору в залежності від технологічних завдань.

**Результати досліджень.** Широке використання сипких матеріалів потрібно використовувати метод масового їх поділу за розмірами завдяки сепаруванню. Маленькі розміри та маса гранульованих порошків потребують розвитку існуючих або нових методів поділу, таких як сепарація. Для того, щоб виявити найефективніший сепаратор, потрібно розділити на класи та охарактеризувати робочі органи.

Області використання сепараторів:

- у харчовій промисловості;
- у гірничій промисловості;
- у газовидобуванні;

- у сільському господарстві;
- у теплотехніці;
- у легкій промисловості.

Сепаратори, їх види та способи сепарації та сепаратора наведений на рис. 1. Спосіб сепарації залежить від процентного складу та властивостей суміші, і складових їх компонентів. Процеси сепарації різняться від зовнішніх умов і апарату, в якому відбувається розділення.

Існує дуже багато різних поділів сепараторів за різними факторами.

1. За способом сепарації. Сепаратори за різними способами або їх видами сепарації є безліч різноманітних, різняться якісними характеристиками компонентів і сумішей:

- розмір твердих частинок;
- масах;
- форм;
- щільності;
- коефіцієнтах тертя;
- міцності;
- пружності;
- зволоження поверхні;
- магнітної сприйнятливості;
- електропровідності;
- радіоактивності.



Рисунок 1 - Класифікація сепараторів різної дії

2. За принципом дії сепаратори можна поділити:

- відцентрові;
- відцентрово-вихрові;
- відстійні;
- центрифужні;
- прес-шнекові;
- вібраційні;
- відстійні.

3. За сферою використання є сепаратори які можна використовувати тільки в одній промисловості та ці, які використовують в багатьох напрямках:

- тваринництво - прес-шнековий;
- харчова – прес-шнековий;
- гірництво та видобуток корисних та хімічних копалин - магнітні та електромагнітні;
- медицина – аспіраційний хірургічний сепаратор;
- легка та хімічна - прес-шнековий...

В таблиці 1 наведені приклади видів сепараторів за конструкцією корпусу. Вибір конструкції корпусу сепаратора залежить від області використання починаючи з важкої та закінчуючи харчовою промисловістю. За конструкцією корпусу, можна дізнатися напрям промисловості в якій використовується сепаратор. Матеріали можна поділити завдяки природній, фізичній або біологічній характеристиці на дві групи:

До першої групи відносимо сипучу природу матеріала наприклад: зерна рослин (лікоподій); гравій; пісок та інші.

До другої групи сипучих гранульованих матеріалів відносимо механічне розбиття на частини чи дроблення.

Таблиця 1

Види сепараторів за конструкцією корпусу															
Барабанні	Камерні	Каскадні	Пластинчасті	Роторні	Кільцеві	Пірамідальні	Коритні	Конусні	Циліндричні	Спиральні	Сферичні	Вертикальні	Горизонтальні	Наклонні	Шнекові

Для сипких матеріалів використовують сепаратори безперервної та постійної дії.

Найчастіше для гранульованих сипучих порошків використовують сепаратори:

- Роторно-вібраційний сепаратор;
- Прес-шнековий сепаратор;
- Гравітаційно-спіральний сепаратор;
- Магнітний стержнево-трубний сепаратор;
- Декантерна центрифуга (шнекова);

В легкій промисловості гранульовані сипучі порошки використовують для виготовлення фурнітури .

Найчастіше для сепарації гранульованих порошків використовують сепаратори, в яких є, такий робочий орган як сито.

Сортування за розміром частинок називається просіюванням або грохоченням, а машини, які використовуються для цього процесу, — розсіюванням або грохотами. Термін «грохочення» і «грохот» використовують під час розділення крупнозернистих і шматкових матеріалів, «розсів» і «сита» — під час розділення дрібнозернистих сипких матеріалів.

Основним робочим органом сепараторів для гранульованих порошків являються сита, які можна розділити на два види: штамповані; тканинні.

Тканинні сита – шовкових або капронових ниток, а також термічно обробленого дроту.

Штамповані сита (решета) — виготовляються з оцинкованої листової сталі. Сортимент штампованих сит наведений на рисунку 4. Застосовуються при просіванні (грохочення) корисних копалин по крупності від 5 до 300 мм. Однак, найчастіше ш.с. застосовують для грохочення по крупності 10 – 150 мм, при необхідності мати більші отвори перевагу віддають колосниковим решіткам, при необхідності мати менші отвори – дротяним сіткам.

Штамповані сита (решета) являють собою сталеві листи з проштампованими отворами круглої, прямокутної і рідше квадратної форми, які розташовані лінійно, паралельними рядами, в шаховому порядку або «у ялинку». Товщина листа ш.с. залежить від розміру отворів (крупності грохочення) і становить 4 до 25 мм.

Основні переваги штампованих сит – жорсткість і зносостійкість конструкції у порівнянні з дротяними ситами, але вони ним поступаються за матеріалоємністю та величиною живого перетину, який рідко перевищує 40 %. Із збільшенням розміру отворів сита площа живого перетину збільшується, але при цьому зменшується жорсткість просіюючої

поверхні. Штамповані сита кріпляться на тих же рамках і тим же способом, що й дротяні, завдяки чому забезпечується їхня взаємозамінність.

Перевага сталевих решіт — висока зносостійкість (4 — 6 місяців), а решіт з литої гуми — у 10-20 разів більше. Недолік решіт — малий живий перетин (до 40 %).

Машина та розміщення сит можна поділити на 2 групи:

1 - машини с плоскими ситами:

- з нерухомими ситами;
- зі зворотно-поступальним рухом сит;
- з вібраційним рухом сит;
- з круговим рухом сит.

2 – машини с барабанными ситами:

- з горизонтальною віссю обертання (з циліндричними ситами, з конічними ситами, з призматичними ситами, з пірамідальними ситами);
- з вертикальною віссю обертання (з циліндричними ситами);
- похилені під певним градусом для кращого розподілу.

Згідно ДСТУ сита позначаються номерами, відповідними розміру сторони отвору (осередки) сітки в світлі, вираженого міліметрах. Так, наприклад, сито має квадратні отвори з довжиною сторони 0,5 мм.

Раніше сита характеризувалися числом осередків, що припадають на 1 погонний дюйм сітки (число меш), або числом отворів на 1 см сітки. У таких позначеннях не вказувалися розміри осередків сита, які залежать від товщини дроту. Таким чином, сита з однаковим числом меш (або отворів на 1 см \*) можуть мати різні розміри осередків, що створює незручності при практичному застосуванні.

Листові решета виготовляють з листів товщиною 3-12 мм, в яких штамнують круглі або довгасті отвори розміром 5-50 мм (припускаються розміри 1,6-125 мм); для зменшення можливості забивання їх роблять злегка розширеними донизу.

Колосники являють собою стрижні трапецієвидного перетину. Така форма зручна, тому що полегшує проходження матеріалу через розширені донизу зазори між колосниками. Визначення зернистого складу сипучих матеріалів проводиться за допомогою спеціального набору сит, розміри отворів яких зменшуються від сита до сита в постійному співвідношенні.

На рис. 2 наведено принципові схеми основних типів машин для просіювання.



Плоскі сита (рис. 2а) можуть бути як горизонтальні, так і нахилені. Зворотно-поступальний рух сит 2, які встановлені на опорах 3, здійснюється кривошипно-шатунним або ексцентриковим механізмом 1. Для того, щоб частинка переміщувалась по ситі, привідний вал повинен мати визначену частоту обертання. (рис. 3)

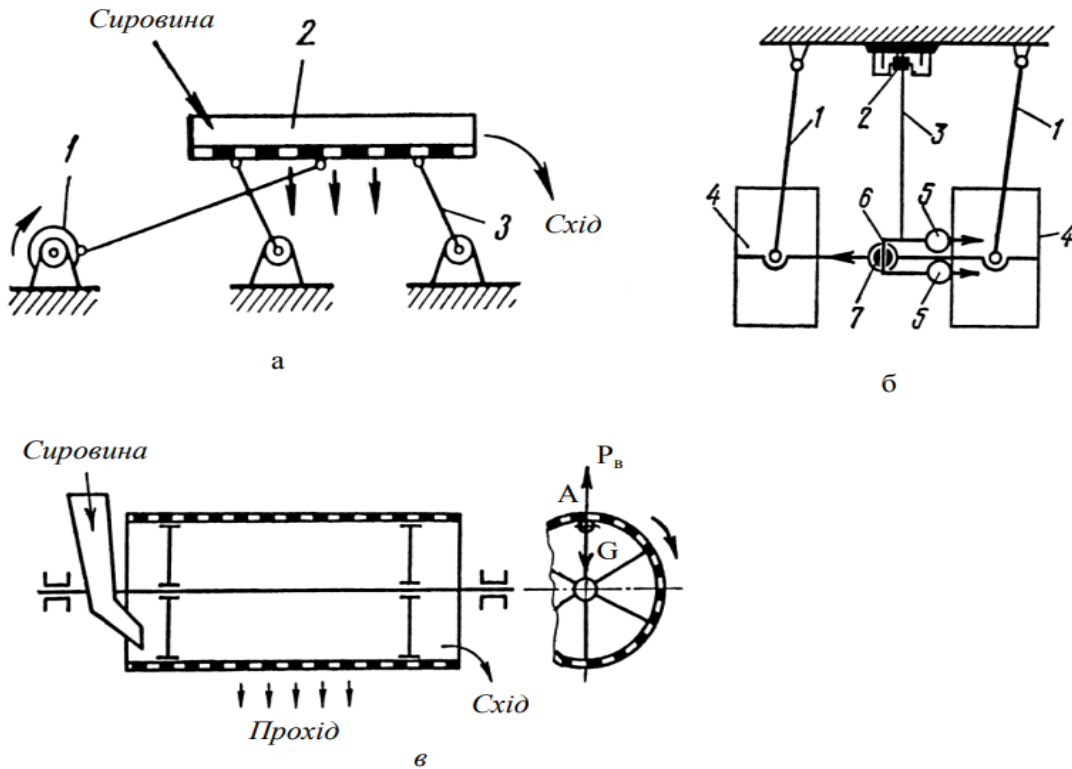


Рисунок 2 - Схеми машин для просіювання (сита): а — з поступальним рухом; б — з коловим поступальним рухом; в — з обертальним рухом.

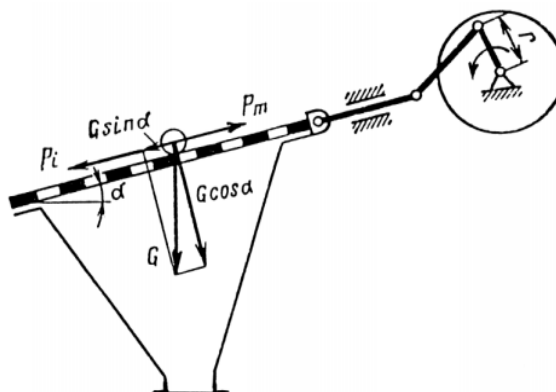


Рисунок 3 — Розрахункова схема похилого сита, що коливається

Під час сортування зернистої сировини використовується багатократне сепарування, що здійснюється одним із трьох способів (рис. 4):

- а) від дрібного до крупного — через послідовний ряд сит із розмірами отворів, що збільшуються;
- б) від крупного до дрібного — через розміщені один над іншим ситами з розмірами отворів, що зменшуються;
- в) комбінований.

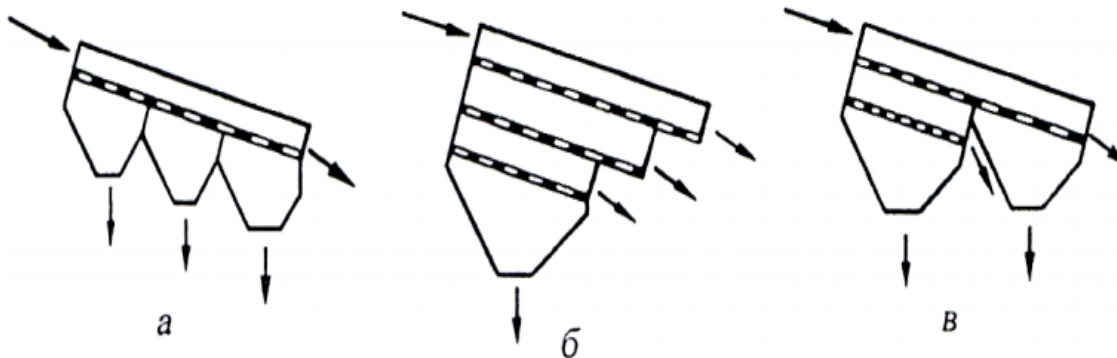


Рисунок 4 – Способи сепарування

Переваги сепарування першим способом (рис. 4 а) — зручність зміни сит і спостереження за їх станом, розосереджуваність розвантаження класів за довжиною сит, що полегшує розподіл класів. Недоліки цього способу — знижена ефективність, тому що вся маса продукту завантажується на сито з найдрібнішими отворами, які перекриваються великими шматками; перевантаження та підвищене зношування дрібних сит; значне подрібнення крихкого продукту.

Переваги сепарування другим способом (рис.4 б): більш висока ефективність сепарування; менше зношування сит унаслідок первісного відсіву великих шматків; менше подрібнення матеріалу; компактність установки. До недоліків цієї схеми слід віднести розвантаження матеріалу всіх класів біля одного кінця грохота, а також складність ремонту та заміни сит.

Для сортування продуктів помелу використовують машини з круговим поступальним рухом сит — розсіви (рис. 2, а). Сита у розсівах здійснюють кругові рухи, але не обертаються навколо вертикальної осі, а переміщуються по колу. Звичайно розсів складається із двох або чотирьох корпусів 4, у кожному з яких розміщено від 12 до 20 встановлених одне над одним горизонтальних сит різних номерів, що дозволяє розділити продукт на декілька (до семи) фракцій. Корпуси жорстко зв'язані між собою і за допомогою тросів 1 підвішені до несучої конструкції міжповерхового перекриття.

Бурати — машини з ситами, які обертаються, мають барабани циліндричної, шестигранної або конічної форми (рис.2 в). Робочу поверхню барабана виконано із сит з отворами різної величини. Вісь циліндричного і шестигранного буратів зазвичай розміщують під кутом  $5...10^\circ$  до горизонту, а конічного — горизонтально. Під дією сили тяжіння під час обертання барабана матеріал переміщується вздовж сита. Прохід зсипається у приймальний короб, який знаходиться під барабаном, а крупні частинки (відокремлені домішки) проходять всю довжину барабана і сходять із нього, перевалюючись через край.

Чим більша частота обертання барабана, тим більша продуктивність бурата. Проте із збільшенням частоти обертання зростає відцентрова сила, яка притискає матеріал до внутрішньої поверхні барабана.

Основний недолік буратів — невелика продуктивність у зв'язку з тим, що у роботі бере участь тільки частина їх ситової поверхні.

Вібраційні грохоти, порівняно з іншими сортувальними устроями, забезпечують більш високу продуктивність і чіткість розділення за меншої витрати енергії завдяки тому, що під час вібрування шар продукту на ситі інтенсивно розпушується, зменшується тертя між частинками; вони стають більш рухливими, що зумовлює відносний перерозподіл їх за розміром і прискорює виділення частинок на прохід.

У вібраційному грохоті (рис. 5) короб 2 з ситом 1 встановлений на пружинах 5. Під час обертання вала 4 з дебалансами 3 виникають відцентрові сили інерції, під дією яких коробу надається 900...1 500 коливань на хвилину за амплітуди коливань від 0,5 до 12 мм.

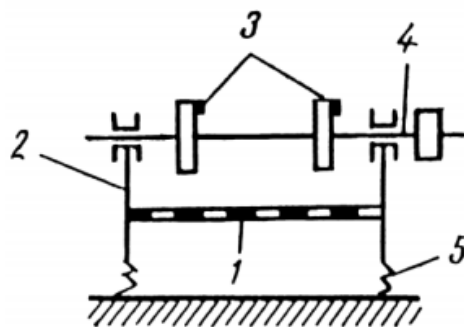


Рисунок 5 – Схема вібраційного грохота

Сортування за формою частинок. Цей спосіб сортування використовується на підприємствах для очищення зернистих сипучих порошоків від сміття і різних домішок, які мають такі ж, як і зерно, розміри у поперечному перетині, але відрізняються більшою чи меншою довжиною. На рис. 6 зображено принципову схему барабанного трієра,

використовують його для сортування за формою частинок. Внутрішня поверхня барабана 1, що обертається, має виштампувані заглиблення 2. Їх розміри і форма відповідають розмірам домішок, для виділення яких призначений цей трієр. Сипучий матеріал, що поступає до барабану з домішками, під час обертання укладається в заглиблення, причому домішки і половинки укладаються глибше, ніж цілі частини. Тому під час обертання барабана гранульований сипучий порошок випадають із заглиблень раніше (затримуються скребком 5) і потрапляють знову на дно барабана, а домішки і половинки піднімаються вище, випадають із заглиблень у жолоб 4 і виводяться із трієра за допомогою шнека 3. Завдяки обертовому руху відсортований гранульований порошок переміщується по барабану до протилежного кінця і відводиться через бокові отвори.

Трієри бувають барабанні та дискові, тихохідні (10...20 об/хв) і швидкохідні (40...50 об/хв).

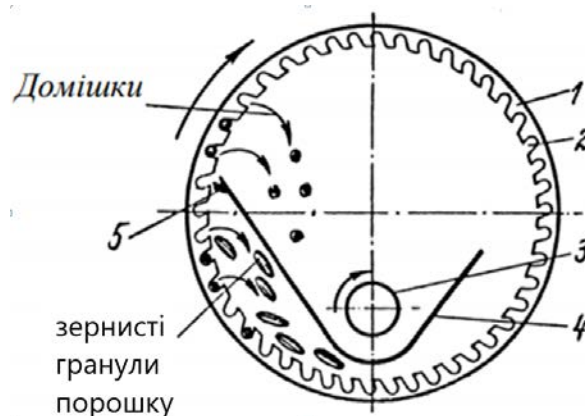


Рисунок 6 - Схема барабанного трієра

Гідравлічна класифікація і повітряна сепарація. Процеси поділу зерен наведені в таблиці 2, неоднаковою крупності на класи по різній швидкості їх осадження в рідкій і в'язко-задушливій середовищах підкоряються загальним законам осадження твердих тіл. Гідравлічна класифікація здійснюється в горизонтальному або висхідному (і дуже часто комбінованому) водо-поточі. При цьому швидкість потоку вибирають такий, щоб з класифікатора виносилися, та прямували в слив, частинки з розмірами менше певної крупності, а в класифікаторі осідали частки великих розмірів, що володіють більшою швидкістю осадження (нижній продукт). Як і грохочення, водну класифікацію можна проводити

від великого до дрібного чи від дрібного до великого, а також комбінованим способом.

Сортування за аеродинамічними властивостями частинок. До цього способу відносяться пневматичне та відцентрове сортування. Воно ґрунтується на тому, що частинки матеріалу з різною густиною мають неоднакову швидкість падіння у повітрі. Спосіб очищення зернистих гранул від сміття та пилу за допомогою вітру відомий дуже давно. Цей процес назвали провіюванням, а устрої для його здійснення — віялками. Швидкість і дальність польоту частинки у потоці повітря залежить від напрямку і величини сил взаємодії частинки з повітряним середовищем, яке її обтікає.

Прикладом сортування у відцентровому полі може бути дисковий сепаратор, схему якого наведено на рис. 7.

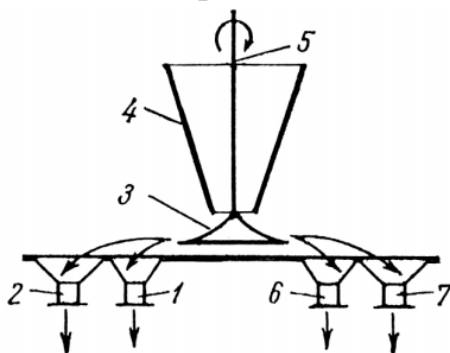


Рисунок 7 – Схема дискового сепаратора

Матеріал, призначений для сортування, через завантажувальний бункер 4 подається на швидкообертуючий диск 3 з привідним валом 5. На дискові 3 частинки суміші набувають відцентрової сили і під її впливом злітають із диска. Залежно від густини та розмірів частинок відцентрова сила, що впливає на них, різна. Тому частинки з меншою густиною або розміром подають у збірники 1 і 6, які мають більшу густину або більший розмір, летять далі (до збірників 2 і 7).

Сортування за магнітними та електростатичними властивостями. У сипких матеріалах зустрічаються випадкові домішки у вигляді сталених і чавунних частинок, які під час потрапляння до машин можуть викликати поломку робочих органів. Тому виокремленню металічних домішок у виробництві надається особлива увага. Для цього використовують магнітні та електромагнітні сепаратори. Електромагнітний сепаратор (рис. 8) є одночасно і основним барабаном 5 стрічкового транспортера 1, який переміщує сипкий матеріал 4 з бункера 3.

Усередині основного барабана розміщено електромагніт 6, який використовує постійний струм. Стрічка транспортера огинає цей барабан, і металічні частинки затримуються на ній у зоні магнітного поля. Продукт, який не має магнітних властивостей 7, відокремлюється від поверхні стрічки і зсипається до збірника 8. Металеві частинки 9, які затримуються на стрічці у зоні впливу магніту, після виходу з неї знімаються з нижньої гілки стрічки скребком 2 і падають до бункера 10.

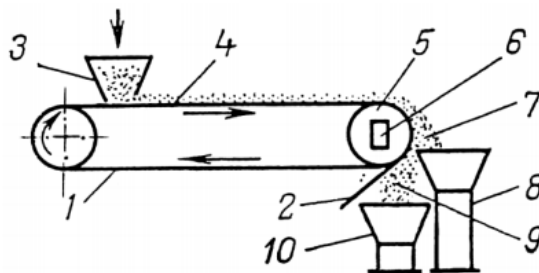


Рисунок 8 – Схема барабанного електромагнітного сепаратора

Розроблено метод електрокласифікації сипких матеріалів. Сипкі матеріали в електричному полі високої напруги можна класифікувати (сортувати) за формою частинок, їх розмірами, густиною сортованого матеріалу, різницею діелектричної проникності та ін. Електрофізичні основи роботи електрокласифікаторів принципово не відрізняються від основ роботи електрофільтра.

Так, як було сказано раніше, найчастіше для гранульованих сипучих порошків використовують сепаратори. Це наступні:

1. відцентрові, відцентрово-вихрові сепаратори працюють на використанні сили самого потоку повітря (газу). Ці сепаратори найефективніші для очищення газу (повітря) від хутра, вологи та домішок без використання елементів фільтрації. Відцентрові сепаратори можна розділити на три види: саморозвантажувальні; соплові; з суцільною оболонкою барабана;

2. центрифужні сепаратори працюють всі за принципом обертання барабана під великою відцентровою силою, в тисячі раз більшою сили тяжіння. Сепарація і седиментація відбуваються безперервно та швидко;

3. сепарація в прес-шнекових сепараторах – це процес з просіювання фільтрації та пересування. Шнек обертається в циліндричному ситі. Сито може мати розмір вічок від 0,1 до 1,0 мм. Первинна речовина подається в робочу частину сепаратора. В ситі з частинок, які мають розмір більший ніж осередок сита, створюється фільтруючий шар, який і повинен затримувати дрібні частини в рідині. Лопоті шнека просувають тверді частинки до випускного отвору.

**Висновки.** В результаті проведеного аналітичного огляду існуючих сепараторів та визначення області їх застосування систематизовано інформацію щодо раціонального вибору методів і технологічного обладнання для сепарації компонентів сипких матеріалів та виробів в залежності від технологічних завдань.

#### Список використаних джерел

1. Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.З. Процессы и аппараты химической технологии / Москва 1967, - 96 с.
2. Білецький В.С., Олійник Т.А., Смирнов В.О., Скляр Л.В. Техніка та технологія збагачення корисних копалин Кривий Ріг 2019. – 87 с.
3. Смирнов В. О., Сергеев П. В., Білецький В. С. Технологія збагачення вугілля. Навчальний посібник. — Донецьк: Східний видавничий дім, — 2011.
4. Калашников С.В. Акустическая сепарация нанопорошков по размерам частиц: развитие метода и приложения / Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук / [Електронний ресурс]: Режим доступу: [avtoref\\_KalashnikovSV.pdf](#) Улан-Удэ – 2019
5. Котов Б.І. Тенденції розвитку конструкцій машин та обладнання для очищення і сортування зерно матеріалів [Текст] / Б.І. Котов, С.П. Степаненко, М.Г. Пастушенко // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Вип. 33. – Кіровоград, 2003.
6. Алієв Ельчин Бахтияр огли. Дисертація механіко-технологічні основи процесу прецизійної сепарації насінневого матеріалу соняшнику - Харків – 2020 / [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://khntusg.com.ua/wp-content/uploads/2020/02/disertacija-aliiev.pdf>
7. Абдуєв М.М. Обґрунтування параметрів сепаратора з нахиленим повітряним каналом для розділення зернових сумішей / М.М. Абдуєв // Автореф. дис...канд.техн.наук. – Харків, 2007.
8. Шведчикова І. О., Романченко Ю. А. Дослідження силових характеристик поліградієнтного електромагнітного сепаратора при зміні форми пластин матриці. - Вісник КНУТД №4 (124), 2018
9. Технические характеристики сепараторов КБС [Електронний ресурс]: Режим доступу: <http://kmzindustries.ua>
10. Сепараторы виброцентробежные универсальные БЦСМ [Електронний ресурс]: Режим доступу: <http://www.vibroseparator.ua>
11. Сарана В.В., Аношкін О. С. Аналіз барабанних та роторних зерноочисних сепараторів [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/772317.pdf>

*Наукове видання*

**СУЧАСНІ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ  
ТА ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ**

Монографія

За заг. ред. *І. В. Панасюка*  
Редактор *С. А. Демішонкова*

Адреса редколегії:  
01011, м. Київ, вул. Немировича-Данченка, 2, КНУТД  
тел. +38066-299-13-64; e-mail: [emis@knutd.edu.ua](mailto:emis@knutd.edu.ua)  
сайт: [emis.knutd.edu.ua](http://emis.knutd.edu.ua)

Підп. до друку 26.05.2021 р. Формат 60x84 1/16.  
Ум. друк. арк. 12,55. Облік. вид. арк. 9,82. Наклад 300 пр. Зам. 1698.

Видавець і виготовлювач Київський національний університет технологій та дизайну.  
вул. Немировича-Данченка, 2, м. Київ-11, 01011.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців,  
виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 993 від 24.07.2002.