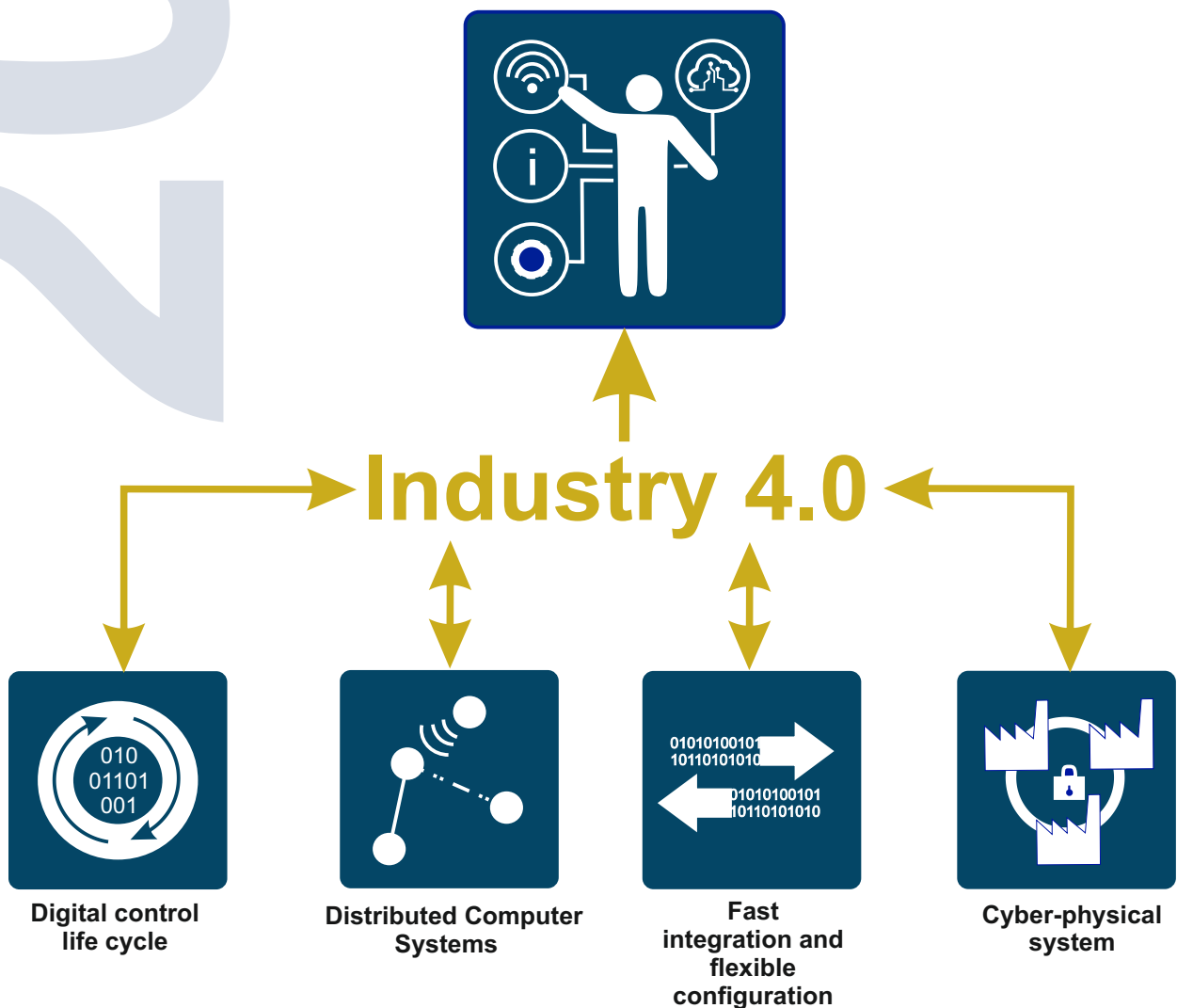


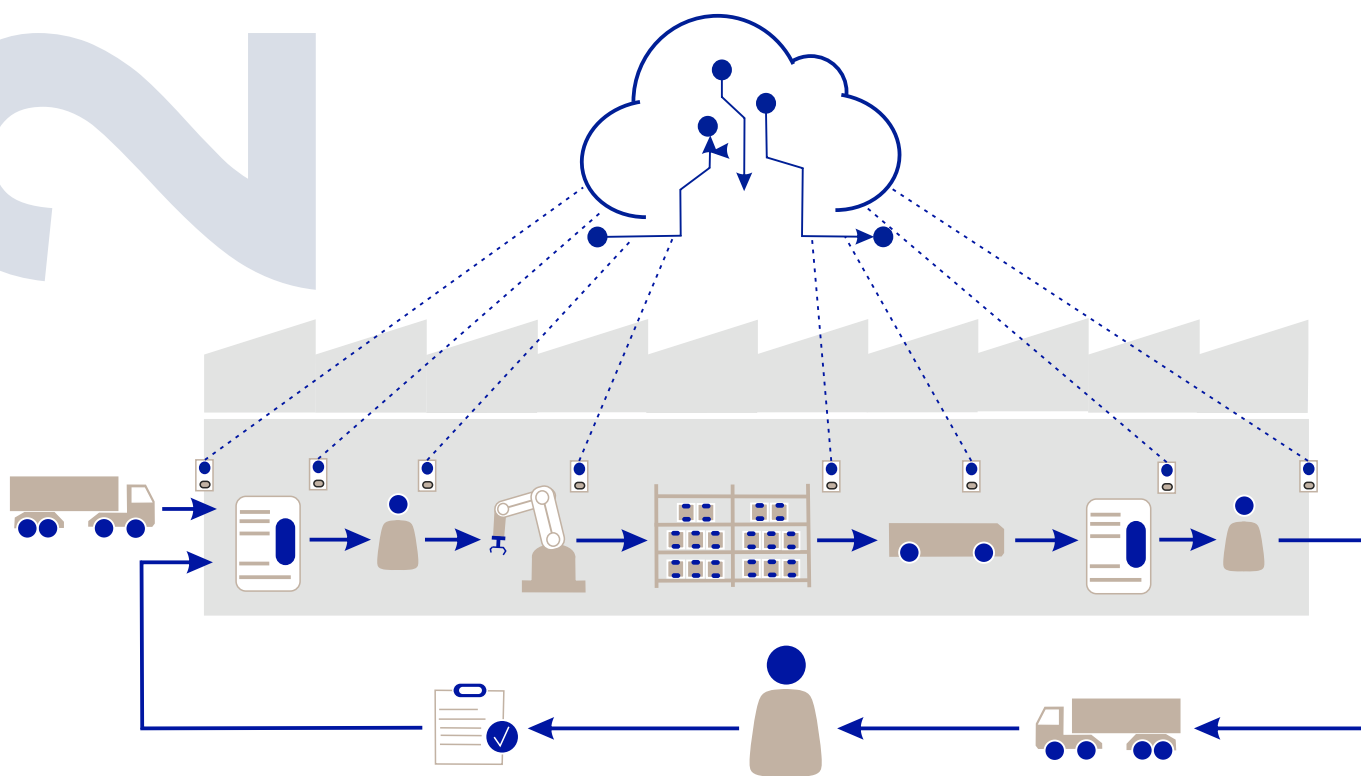
COLLECTION
OF STUDENTS' SCIENTIFIC PAPER
«Automation and Development of Electronic Devices»
ADED-2021
(Part 2)



2022

ЗБІРНИК

студентських наукових статей
«Автоматизація та приладобудування»
ADED-2021
(Випуск 2)
[електронне видання]



Industry 4.0

- Головий редактор** **Невлюдов Ігор Шакирович**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.
- Редакційна колегія:** **Филипенко Олександр Іванович**, доктор технічних наук, професор, декан факультету Автоматики та комп'ютеризованих технологій, Харківського національного університету радіоелектроніки.
Цимбал Олександр Михайлович, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.
Андрусевич Анатолій Олександрович, доктор технічних наук, професор, начальник Криворізького коледжу національного авіаційного університету
Косенко Віктор Васильович, доктор технічних наук, професор, директор Державного підприємства «Харківського науково-дослідного інституту технології машинобудування».
Замірець Микола Васильович, доктор технічних наук, професор, директор Державного підприємства Науково-дослідного технологічного інституту приладобудування.
Свищ Володимир Митрофанович, доктор технічних наук, професор, радник директора Державне науково-виробниче підприємство «Об'єднання Комунар».
Фомовська Олена Владиславівна, кандидат технічних наук, доцент завідувач кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського.
Кухаренко Дмитро Володимирович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського
Шило Галина Миколаївна, доктор технічних наук, проректор з науково-педагогічної роботи та питань перспектив розвитку університету, Запорізького національного технічного університету.
Фурманова Наталія Іванівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри Інформаційних технологій електронних засобів, Запорізького національного технічного університету.
- Відповідальний редактор:** **Євсєєв Владислав В'ячеславович**, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2021) [Електронний ресурс] : збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки ; [редкол.: І.Ш. Невлюдов та ін.]. – Харків : ХНУРЕ, 2021. – Вип. 2. – 201 с.

COLLECTION OF STUDENTS' SCIENTIFIC PAPER «AUTOMATION AND DEVELOPMENT OF ELECTRONIC DEVICES» ADED-2021 Part 2 (Key infrastructure 2021) - Kharkiv/ The Editorial.: Nevlyudov I.Sh. (head), that all. Kharkiv: Kind of Kharkiv National University of Radio Elektronik [electronic edition], 2021. – 201 p with.

Рекомендовано рішенням
Науково-технічної ради
Харківського національного
університету радіоелектроніки
протокол №6 від 29.11.2018

Рекомендовано рішенням Вченої ради
факультету Автоматики і комп'ютеризованих
технологій
Харківського національного
університету радіоелектроніки
протокол № 4 від 23.12.2021

Збірник містить наукові статті здобувачів першого (бакалаврського), другого (магістерського) рівнів вищої освіти кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАМ) Харківського національного університету радіоелектроніки, кафедри Інформаційних технологій електронних засобів (ІТЕД) Запорізького національного технічного університету та кафедри Електронних апаратів (ЕА) Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського які навчаються за спеціальностями: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, 172 Телекомунікації та радіотехніка, 171 Електроніка та 163 Біомедична інженерія. Статті надані в авторській редакції.

ЗМІСТ

<i>Алешко К. А.</i> Математична модель електромеханічної колісної платформи мобільного роботу із бортовими вимірювальними пристроями	8
<i>Алешко К. А.</i> Проблема автоматизованого визначення механічної взаємодії колісної робототехнічної платформи із зовнішнім середовищем	14
<i>Баканов Д. Ю.</i> Автоматизоване управління тяговими електричними двигунами колісної роботизованої платформи з метою забезпечення плавності її руху	19
<i>Білоус М. Ю., Медова К. Г.</i> Огляд сучасних технологій на прикладі Індустрії 4.0	22
<i>Божко П. М.</i> Розробка структури автоматизованої системи блокування доступу до візуальної інформації з використанням НІД-пристрою	26
<i>Борисовський А. С.</i> Підтримка прийняття рішень при проектуванні сенсорної системи маніпуляційного робота	32
<i>Візір Ю. С.</i> Індустрія 5.0 або Суспільство 5.0 – вікно можливостей ролі промисловості у суспільстві	36
<i>Візір Ю. С., Дерев'янка І. І.</i> Особливості передачі інформації з використанням коду хеммінга при управлінні технологічними процесами	39
<i>Гаракян М. Г.</i> Спосіб оцінки якості оптичного волокна складної форми поперечного перерізу в процесі витяжки	43
<i>Іванцов О. С.</i> Автоматизація керування низьковольтною трековою системою освітлення	53
<i>Ігнатенко Д. В.</i> Аналіз шляхів модернізації комутаційної системи мобільної робототехнічної платформи з використанням гнучких структур	58
<i>Мажара А. Є.</i> Особливості технології доповненої реальності	63
<i>Білоус М. Ю., Медова К. Г.</i> Аналіз сучасних біо-приладів на основі МЕМС	66
<i>Посашков О. Ю.</i> Моделювання процесів адміністрування в автоматизованих виробничих системах	70
<i>Рогачов А. С.</i> Розробка автоматизованої системи встановлення елементів на друковану плату	74
<i>Сідаш В. В.</i> Опис методики розрахунку параметрів холодильного обладнання	78
<i>Конєва А. І.</i> Аналіз особливостей технології Індустрії 4.0	85
<i>Андрєєв А. С.</i> Особливості створення семантичних мереж	89
<i>Стеценко К. В., Белов П. О.</i> Автоматизований модуль безконтактного пірометра для виміру температур потенційно небезпечних об'єктів	93

<i>Стеценко К. В.</i>	
Контроль МОЕМС- компонентів в системах автоматизації	97
<i>Ткалін Д. А.</i>	
Аналіз функцій та принципів розроблення CRM-систем	100
<i>Цапля Б. О.</i>	
Тенденції розвитку сучасної промислової робототехніки	104
<i>Шило Н., Сидоренко А., Дерев'янка І.</i>	
Автоматизовані роботи дезинфектори – тренд сьогодення	108
<i>Шило Н., Сидоренко А., Буць Д.</i>	
Особливості застосування технології веб-сокетів для асинхронної клієнт-серверної взаємодії веб-програм промислової автоматизації	112
<i>Шостенко С., Буць Д.</i>	
Лінійні п'єзодвигуни в системах автоматики та машинобудівних конструкціях	116
<i>Шостенко С., Буць Д.</i>	
Розроблення програмно-організаційного забезпечення для супроводження автоматизованих систем оповіщення на виробництві	121
<i>Яртемик Є. А.</i>	
Розробка теоретичних основ автоматизованого проектування осей механізмів роботів	125
<i>Ляскова Я. І.</i>	
Еволюційний пошук рішень у технологіях реінжинірингу виробничих комп'ютерних мереж	131
<i>Шабалін А. О., Рубльов П. К.</i>	
Аналіз сфер застосування та особливостей конструкцій мультикоптерів	135
<i>Адамцев Д. Ю., Прокопенко Д. І.</i>	
Підтримка прийняття рішень у системі управління виробничо-збутовим процесом	139
<i>Барасій В. В.</i>	
Оптимізація модуля віддаленого керування мобільним роботом	143
<i>Гніденко О. Ю., Бадаєв О. С.</i>	
Застосування конвергенції для MEMS актюаторів	147
<i>Боклаг Д. К.</i>	
Аналіз технологічних рішень одночасного 3D друку декількома матеріалами	150
<i>Ничипоренко Ю. Ю.</i>	
Функціонування сучасної системи централізованого теплопостачання із використанням автоматизованого робочого місця персоналу	155
<i>Скрипкін А. А.</i>	
Мобільний робот на Raspberry Pi 3b+	158
<i>Хобот М. В.</i>	
Підсистема підтримки прийняття рішень для технології автоматизації проектування гвинтоколісних механізмів	162
<i>Шевченко М. П., Здорик Н. В.</i>	
Аналіз методів підвищення технологічності виробу на основі складально-орієнтованого проектування	167
<i>Гаврик С. С., Кострова Г. Ю.</i>	
Моделювання корпусу багатоцільової мобільної робототехнічної платформи	175
<i>Пилипенко В. М.</i>	
Дослідження методів розпізнавання голосу	183
<i>Шевченко Д. О., Шевченко К. О.</i>	
Застосування сучасних засобів ідентифікації об'єктів для конвеєрних ліній	188

<i>Кулик А. А., Русаков В. В.</i>	
Розробка методу побудови маршруту переміщення робототехнічної платформи у системі складування	191
<i>Шалько Є. В.</i>	
Дослідження застосування протоколу m2m в кібер-фізичних системах	195
<i>Алфавітний список</i>	200

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ КОЛІСНОЇ ПЛАТФОРМИ МОБІЛЬНОГО РОБОТУ ІЗ БОРТОВИМИ ВИМІРЮВАЛЬНИМИ ПРИСТРОЯМИ

Алешко К. А.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: kyryl.aleshko@nure.ua

Анотація: На основі електромеханічних аналогій та рівнянь Лагранжа 2-го роду у вигляді системи чотирьох звичайних диференціальних рівнянь другого порядку та одного звичайного диференціального рівняння першого порядку з початковими умовами запропоновано математичну модель роботизованої колісної платформи з акселерометром та тахометрами для забезпечення необхідних вимірювань щодо оцінки поточного стану та автоматичного управління колісної платформи. В запропонованій моделі механічні рухи платформи та чутливих елементів її вимірювальних приладів є зв'язаними із електричними процесами в рушійних електродвигунах та вимірювальних пристроях.

Ключові слова: робот, колісна платформа, акселерометр, тахометр, математична модель

MATHEMATICAL MODEL OF ELECTROMECHANICAL WHEEL PLATFORM OF THE MOBILE ROBOT WITH ON-BOARD MEASURING DEVICES

K. A. Aleshko

Kharkiv National University of Radioelectronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av.,14

E-mail: kyryl.aleshko@nure.ua

Abstract: Based on electromechanical analogies and Lagrange equations of the 2nd kind in the form of a system of four ordinary second-order differential equations and one ordinary first-order differential equation with initial conditions, the mathematical model of the robotic wheel platform with accelerometer and tachometers is proposed to provide necessary measurements and automatic control of this wheel platform. In the proposed model, the mechanical movements of the platform and the sensitive elements of the platform's measuring devices are related with the electrical processes in the drive electric motors and in the measuring devices.

Key words: robot, wheel platform, accelerometer, tachometer, mathematical model

ВСТУП. Електромеханічні колісні платформи широко використовуються сьогодні в якості складових мобільних автономних робото-технічних систем різного призначення. Зрозуміло, що автономність таких платформ забезпечується у тому числі за рахунок автоматизованого визначення їхнього стану – координат, швидкості та прискорення, а також їхньої взаємодії із зовнішнім середовищем, що потребує наявності досить складних бортових вимірювальних пристроїв та систем.

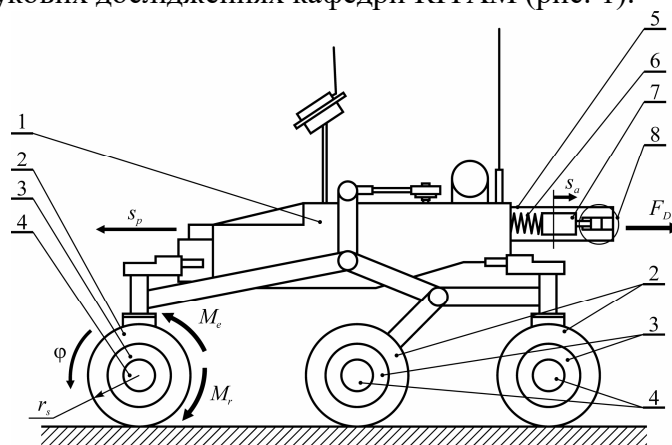
АКТУАЛЬНІСТЬ, МЕТА ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ. Одним із основних загальних трендів щодо розвитку сучасної індустрії є впровадження роботизованих мобільних електромеханічних платформ [1–6], у тому числі із колісним рушієм, що дозволяють суттєво зменшити безпосередню участь промислового персоналу у виконанні широкого кола операцій для більш ефективного їх виконання та для забезпечення безпеки персоналу.

Намагання щодо забезпечення автоматичного управління певними типами мобільних робото-технічних платформ вимагає розв'язування складної проблеми автоматизованого визначення їхнього стану та їхньої взаємодії із зовнішнім середовищем у тому числі для автоматизованого вибору режимів їхнього руху. Зрозуміло, що визначення поточного стану руху та взаємодії із зовнішнім середовищем колісних платформ вимагає наявності досить складних бортових вимірювальних пристроїв – датчиків різного типу, та вимірювальних

систем, що забезпечують належну обробку результатів вимірювань датчиків. Основою таких вимірювальних систем є досить складні математичні моделі, що мають забезпечувати належну обробку даних прямих вимірювань з метою одержання максимально повної інформації щодо поточного стану рухомої автономної мобільної колісної платформи. Від досконалості математичних моделей, що використовуються у бортових вимірювальних системах мобільних автономних колісних платформ, істотно залежать можливості щодо визначення поточного стану таких платформ та можливості забезпечення належної якості їхнього автоматичного управління. Завдяки цієї обставині проблема створення досконалих математичних моделей електромеханічних колісних платформ із бортовими вимірювальними пристроями є актуальною завдяки постійним намаганням щодо удосконалення конструкцій для забезпечення ефективної експлуатації. Основна складність математичного моделювання колісних платформ із бортовими вимірювальними пристроями та системами полягає у тому, що в цих моделях стан колісної платформи та вимірювальних пристроїв і систем має розглядатися як зв'язаний і їм неможливо нехтувати для спрощення рівнянь математичних моделей.

Метою дослідження є розробка математичної моделі електромеханічної колісної платформи мобільного роботу із бортовими вимірювальними пристроями – акселерометром, що визначає прискорення руху платформи та тахометрами, що визначають кутові швидкості коліс платформи та вимірювальними системами для обробки результатів вимірювань. В розроблюваній математичній моделі передбачається розглядати зв'язки між станом платформи та її бортових вимірювальних пристроїв і систем з метою забезпечення можливостей її використання в бортових системах інтелектуальної обробки результатів вимірювань.

СХЕМАТИЗАЦІЯ КОЛІСНОЇ ПЛАТФОРМИ ТА ЇЇ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ. Математична модель динаміки колісної платформи має відповідним чином враховувати особливості її конструктивного виконання, включаючи компоновку, загальну кількість коліс, кількість рушійних коліс, передачу обертового моменту на рушійні колеса; її характеристики, такі як маса платформи та її складових, розміри платформи та її складових, характеристики рушійних електричних двигунів, а також взаємодію із зовнішнім середовищем, включаючи проковзування, опір котінню коліс та в'язкий опір. Завдяки означеним обставинам цілком розуміло, що математична модель динаміки колісної платформи має бути одержана для конкретного конструктивного виконання колісної платформи для заданих умов її руху та взаємодії із навколишнім середовищем. Далі будемо розглядати математичне моделювання роботизованої колісної платформи-прототипу, що використовується в наукових дослідженнях кафедри КІТАМ (рис. 1).



1 – корпус платформи; 2 – колесо; 3 – тягловий електричний двигун;
 4 – бортовий тахометричний датчик; 5 – бортовий акселерометр;
 6 – пружний, 7 – інерційний та 8 – дисипативний елементи акселерометру
 Рисунок 1 – Схематизація рухів та взаємодій прототипу колісної платформи

Прямолінійний поступальний рух колісної платформи визначатимемо за допомогою лінійної координати $s_p = s_p(t)$ (рис. 1), яку розглядатимемо як функцію часу t . Вважаємо, що прямолінійний поступальний рух платформи забезпечується за рахунок обертання коліс, які визначатимемо за допомогою кута повороту $\varphi = \varphi(t)$ (рис. 1); вважатимемо, що кути повороту усіх коліс платформи є однаковими. Зрозуміло, що лінійна координата платформи та кут повороту її коліс зв'язані між собою, і такий зв'язок можна представити у вигляді рівняння зв'язку досліджуваної колісної платформи:

$$s_p = \varphi \cdot r_s, \quad (1)$$

де r_s – ефективний радіус кочення колеса досліджуваної платформи.

Електромеханічний момент (див. рис. 1) від тяглового електричного двигуна постійного струму (рис. 2) визначатимемо наступним чином [7, 8]:

$$M_e = B_e \cdot I_e, \quad (2)$$

де B_e – електромеханічний параметр та I_e – електричний струм ротору електродвигуна.

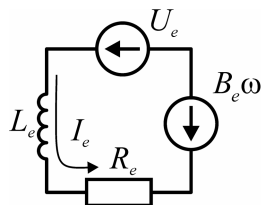


Рисунок 2 – Еквівалентна електрична схема ротору електродвигуна постійного струму

Використовуємо спрощену еквівалентну електричну схему ротору електричного двигуна постійного струму, що показана на рис. 2. Відповідно цій схемі (рис. 2) обмотку ротору електричного двигуна постійного струму представляємо у вигляді послідовно з'єданого індуктивного L_e та активного R_e опорів, в яких завдяки напрузі U_e від джерела зовнішнього живлення в обмотці ротору утворюється електричний струм I_e , завдяки якому утворюється обертальний момент (2), і ротор починає обертатися із кутовою швидкістю в електромагнітному полі статора. Напрузі від джерела зовнішнього живлення якому протидіє електрорушійна сила $B_e \omega$, де $\omega \equiv \dot{\varphi}$ – кутова швидкість коліс, що утворюється внаслідок обертання обмотки ротору в електромагнітному полі статора.

Передбачаємо, що для визначення поточного стану колісна платформа (див. рис. 1) оснащена тахометрами, які визначають кутову швидкість коліс та акселерометром, який визначає прискорення поступального руху платформи.

Бортовий тахометричний датчик, що передбачений для визначення кутової швидкості коліс мобільної платформи (рис. 3), зазвичай, представляє собою електричний мікрогенератор постійного струму [9]. Оскільки основним призначенням бортового тахометричного датчику є визначення кутової швидкості коліс мобільної платформи, то з урахуванням мети цього дослідження достатньо розглянути спрощену еквівалентну схему вимірювального ланцюга (рис. 3), що включає індуктивний опір L_T та активний опір R_T обмотки ротору електричного мікродвигуна постійного струму датчику; джерело електрорушійної сили $B_T \omega$, де B_T – електромеханічний параметр електричного мікрогенератора постійного струму датчику, що утворюється внаслідок обертання ротору в електромагнітному полі статора електричного мікрогенератора постійного струму датчику; також вимірювальний ланцюг містить вимірювальний активний опір R_{TM} .

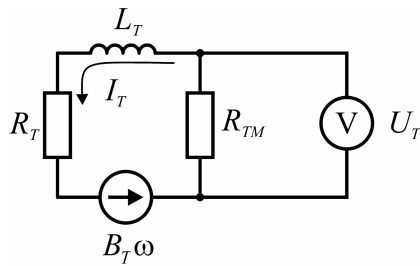


Рисунок 3 – Еквівалентна електрична схема тахометричного датчику

Завдяки обертанню із кутовою швидкістю ω ротору, мікро-генератор постійного струму тахометричного датчику буде створювати електричний струм I_T , який, в свою чергу, буде створювати відповідне падіння напруги U_T на спеціально передбаченому вимірювальному активному опорі:

$$U_T = I_T \cdot R_{TM}, \quad (3)$$

Оскільки електричний струм ротору мікро-генератору $I_T = I_T(\omega)$, то з урахуванням співвідношення (2.6) матимемо за вимірною напругою U_T оцінку величини кутової швидкості ω ротору, мікро-генератор постійного струму тахометричного датчику, яка дорівнює кутовій швидкості колеса мобільної платформи (див. рис. 1).

Завдяки прискоренню \ddot{s}_p прямолінійного руху платформи інерційний елемент її бортового акселерометру (див. рис. 1) одержує переміщення відносно положення, яке відповідає недеформованому пружному елементу; таке відносне переміщення визначатимемо відносною лінійною координатою $s_a = s_a(t)$. Переміщення інерційної маси акселерометру перетворюється зазвичай у вимірювану напругу відповідного електричного сигналу, саме яка далі безпосередньо вимірюється для оцінки переміщення інерційного елемента та відповідно прискорення колісної платформи (рис. 4).

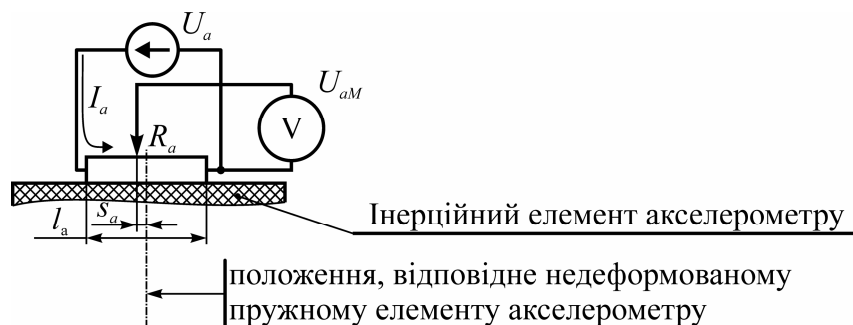


Рисунок 4 – Еквівалентна електрична схема вимірювальної частини акселерометру

Відповідно прийнятій еквівалентній електричній схемі вимірювальної частини акселерометру (рис. 4), в якій оцінка переміщення інерційної маси здійснюється за зміною опору спеціального резистору R_a перемінного опору. В такій схемі передбачене джерело живлення із постійною напругою U_a , що утворює струм I_a , а вимірюється напруга U_{aM} , яка залежить від переміщення s_a інерційної маси (рис. 2.5):

$$U_{aM} = I_a R_a \left(\frac{1}{2} + \frac{s_a}{l_a} \right), \quad (4)$$

де R_a та l_a – повний активний опір та загальна довжина резистору змінного опору.

ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ. Для побудови математичної моделі електромеханічної колісної платформи (див. рис. 1 та див. рис. 2) з її бортовими

вимірювальними пристроями (див. рис. 2 та див. рис. 3) використовуємо електромеханічні аналогії [10] та рівняння Лагранжа 2-го роду, які мають наступний вигляд [10]:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_k} - \frac{\partial L}{\partial q_k} = -\frac{\partial R}{\partial \dot{q}_k} + Q_k, \quad k=1,2,\dots,n, \quad (5)$$

де q_1, q_2, \dots, q_n – узагальнені координати, а n – число ступенів вільності; L – функція Лагранжа та R – функція Релея; Q_1, Q_2, \dots, Q_n – узагальнені сили, що відповідають узагальненим координатам q_1, q_2, \dots, q_n .

Маємо 5 ступенів вільності для схематизованої електромеханічної колісної платформи (див. рис. 1 та див. рис. 2) з її бортовими вимірювальними пристроями (див. рис. 2 та див. рис. 3) та можемо прийняти її узагальнені координати у наступному вигляді:

$$\varphi = q_1, s_p = r_s q_1, s_a = q_2, I_e = \dot{q}_3, I_a = \dot{q}_4, I_T = \dot{q}_5. \quad (6)$$

Слід відзначити, що введені у вигляді (6) узагальнені координати мають різноманітний фізичний сенс таким чином, що одна частина із них є суто механічними, та представляє лінійні координати складових платформи, а друга частина є електричними зарядами, що представляють відповідні електричні струми у ланцюгах двигунів, тахометрів та акселерометру.

З використанням рівнянь Лагранжа 2-го роду (5) та узагальнених координат (6) отримаємо диференціальні рівняння математичної моделі колісної платформи у наступному вигляді:

$$J\ddot{q}_1 - m_a r_s \ddot{q}_2 = 6B_e \dot{q}_3 - \left(c_D \frac{\rho}{2} A_f r_s^3 \dot{q}_1^2 + f_r mg \right) \text{sign}(\dot{q}_1), \quad (7)$$

$$-m_a r_s \ddot{q}_1 + m_a \ddot{q}_2 + c_a q_2 = -b_a \dot{q}_2, \quad (8)$$

$$L_e \ddot{q}_3 = -B_e \dot{q}_1 - R_e \dot{q}_3 + U_e, \quad (9)$$

$$0 = -R_a \dot{q}_4 + U_a, \quad (10)$$

$$L_T \ddot{q}_5 = B_T \dot{q}_1 - (R_T + R_{TM}) \dot{q}_5. \quad (11)$$

В диференціальних рівняннях (7)–(11) введені позначення: $J = mr_s^2 + 6J_k$; m та m_a – повна маса платформи та маса інерційного елемента її бортового акселерометра; J_k – сумарний момент інерції колеса, ротору тяглого електродвигуна та ротору тахометричного датчику; c_a та b_a – жорсткість пружного та в'язкість дисипативного елементів акселерометру; f_r – коефіцієнт опору коченню коліс платформи; c_D – коефіцієнт аеродинамічного (лобового) опору, що істотно визначається формою кузова колісної платформи; ρ – густина повітря; A_f – характеристична площа автомобіля, яка визначається, зазвичай, як площа проекції автомобіля на площину, перпендикулярну вектору його швидкості.

Зрозуміло, що звичайні диференціальні рівняння (7)–(11), які представляють математичну модель мобільної роботизованої колісної платформи (див. рис. 1), необхідно розглядати з урахуванням початкових умов, що визначають стан досліджуваної платформи у початковий момент часу. Вибір таких початкових умов істотно визначається метою дослідження. Таким чином, можна, наприклад, розглядати проблему плавного зрушення з місця колісної платформи, проблеми плавного та екстреного гальмування колісної платформи, проблему щодо зміни режиму руху колісної платформи для прискорення або уповільнення її руху; оцінку механічної взаємодії колісної платформи із зовнішнім середовищем можна розглядати для перелічених проблем, відповідних різним режимам руху платформи. Далі розглядатимемо простіший випадок, що відповідає зрушенню з нерухомого стану колісної платформи, який відповідає нульовим початковим умовам:

$$\begin{aligned} q_1(0) = 0, \dot{q}_1(0) = 0, q_2(0) = 0, \dot{q}_2(0) = 0, q_3(0) = 0, \dot{q}_3(0) = 0, \\ q_4(0) = 0, q_5(0) = 0, \dot{q}_5(0) = 0. \end{aligned} \quad (12)$$

Необхідно зазначити, що кількість початкових умов (12) є узгодженою із порядком диференціальних рівнянь (7)–(11). Отже математична модель колісної платформи з бортовими вимірювальними пристроями – акселерометром та тахометрами, відповідна режиму зрушення платформи з місця, одержано у вигляді звичайних диференціальних рівнянь (7)–(11) з початковими умовами (12).

ВИСНОВКИ. В результаті виконання досліджень одержані досить важливі результати щодо математичного моделювання електромеханічних колісних роботизованих платформ із їхніми бортовими вимірювальними приладами та пристроями, що є необхідним для забезпечення автоматизованого визначення стану рухомих колісних платформ та їхнього автоматичного управління. Одержані результати дозволяють зробити наступні висновки.

Колісні роботизовані платформи із встановленими на них бортовими вимірювальними приладами та пристроями слід розглядати як електромеханічну систему, в якій стан механічного руху колісної платформи та чутливих елементів її бортових вимірювальних приладів та пристроїв а також стан еквівалентних електричних ланцюгів вимірювальних приладів та пристроїв є взаємозв'язаними. Тільки взаємозв'язані моделі механічних та електричних процесів дозволять забезпечити розв'язування важливих задач щодо автоматизованої оцінки стану колісної платформи та її автономного управління.

Для побудови математичної моделі електромеханічної колісної платформи із бортовими вимірювальними пристроями та приладами слід використовувати електромеханічні аналогії та рівняння Лагранжа 2-го роду, що в узагальненому вигляді представляють диференціальні рівняння динаміки голомних електромеханічних систем.

Запропонована схематизація прямолінійного руху прототипу колісної роботизованої електромеханічної платформи, що рухається за допомогою електричних двигунів постійного струму, в якій враховані взаємна зв'язаність електричних процесів в електродвигунах та механічного руху платформи.

Запропоновано схематизацію тахометрів, що встановлені на колісній платформі для вимірювання кутової швидкості її коліс, а також акселерометру, що встановлений на колісній платформі для вимірювання прискорення її поступального руху.

Одержані диференціальні рівняння математичної моделі колісної платформи та встановлених на ній бортових вимірювальних приладів та пристроїв, які можуть бути використані для моделювання колісної платформи, а також для обробки результатів вимірювань її бортових датчиків, оскільки в цих рівняннях стан механічного руху колісної платформи та чутливих елементів її бортових вимірювальних приладів та пристроїв а також стан еквівалентних електричних ланцюгів вимірювальних приладів та пристроїв є взаємозв'язаними.

ЛІТЕРАТУРА

1. Alyokhina S., Nevliudov I., Romashov Yu., Aleshko K., Bakanov D. Mathematical Modelling of Electromechanical Wheeled Robotic Platforms as Automation Objects // Виробництво & Мехатронні Системи 2021: матеріали V-ої Міжнародної конференції, Харків, 21-22 жовтня 2021 р.: тези доповідей / [редкол. І.Ш. Невлюдов (відповідальний редактор)]. – Харків: [електронний друк], 2021. – 180 с. – р. 21-23.
2. Alyokhina S., Nevliudov I., Romashov Y. Safe Transportation of Nuclear Fuel Assemblies by Means of Wheeled Robotic Platforms // Ядерна та радіаційна безпека. – 3(91). – 2021. – р. 43-50. Doi: 10.32918/nrs.2021.3(91).05.
3. Roshanianfard A., Noguchi N., Okamoto H., Ishii K. A review of autonomous agricultural vehicles (The experience of Hokkaido University) // Journal of Terramechanics. – vol. 91. – 2020. – р. 155-183.

4. Tsitsimpelis I., Taylor C.J., Lennox B., Joyce M.J. A review of ground-based robotic systems for the characterization of nuclear environments // Progress in Nuclear Energy. – vol. 111. – 2019. – 109-124.
5. Banos A., Hayman J., Wallace-Smith T., Bird B., Lennox B., Scott T.B. An assessment of contamination pickup on ground robotic vehicles for nuclear surveying application // Journal of Radiological Protection. – vol. 41(2). – 2021. – p. 179-186.
6. Робототехнические системы и комплексы . И.И. Мачульский, В.П. Запятой, Ю.П. Майоров; под ред. И.И. Мачульского. – Москва: Транспорт, 1999. – 446 с.
7. Mamalis A.G., Nevliudov I., Romashov Yu. An approach for numerical simulating and processing of measured electrical signals from board sensors installed on wheeled electro-mechanical platforms // Journal of Instrumentation. – vol. 16 (10). – 2021. – P10006. doi: 10.1088/1748-0221/16/10/P10006.
8. Конструирование роботов: Пер. с франц. / Андре П., Кофман Ж.-М., Лот Ф., Тайар Ж.-П. – Москва: Мир, 1986. – 360 с.
9. Аш Ж. Датчики измерительных систем: в 2-х кн. / Ж. Аш, П. Андре, Ж. Бофрон и др. – Кн. 1. – Москва: Мир, 1992. – 480 с.
10. Гантмахер Ф.Р. Лекции по аналитической механике. – Москва: Наука, 1966. – 300 с.

Науковий керівник: Ромашов Юрій Володимирович, д.т.н., професор кафедри КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки.

УДК 338.2

ПРОБЛЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИЗНАЧЕННЯ МЕХАНІЧНОЇ ВЗАЄМОДІЇ КОЛІСНОЇ РОБОТОТЕХНІЧНОЇ ПЛАТФОРМИ ІЗ ЗОВНІШНІМ СЕРЕДОВИЩЕМ

Алешко К. А.

Харківський національний університет радіоелектроніки
Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14
Email: kyryl.aleshko@nure.ua

Анотація: У даній статті було розглянуто принципові обмеженості традиційних підходів щодо автоматизації управління рухом мобільних роботизованих платформ, що є необхідним для розуміння значущості проблеми автоматизованого визначення механічної взаємодії колісної роботизованої платформи із навколишнім середовищем, та механічна взаємодія із зовнішнім середовищем та її характеристики.

Ключові слова: автоматизація, управління, середовище, мобільна платформа.

PROBLEM OF AUTOMATED DETERMINATION OF MECHANICAL INTERACTION OF WHEEL ROBOTIC TECHNICAL PLATFORM WITH EXTERNAL ENVIRONMENT

K. Aleshko

Kharkiv National University of Radioelectronics
Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av., 14
Email: kyryl.aleshko@nure.ua

Abstract: This article discusses fundamental limitations of traditional approaches to automate the control of mobile robotic platforms, which is necessary to understand the importance of the problem of automated determination of mechanical interaction of a wheeled robotic platform with environment, and mechanical interaction with environment and its characteristics.

Key words: automation, management, environment, mobile platform.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Робототехніка і автоматизація систем контролю управління виробництвом активно розвивається в останні роки завдяки розвитку технологічного

процесу мініатюризації інтегральних схем, що дозволяє створювати малогабаритні пристрої, а також розвитку стандартизації процесу виробництва.

Особливий інтерес викликає застосування роботизованих пристроїв в умовах, небезпечних і шкідливих для праці людини (атомні станції, підводні роботи на великій глибині, космічні дослідження тощо). Починаючи з 90-х років минулого століття і по наш час активно ведуться розробки алгоритмів і роботизованої техніки, зокрема – мобільних платформ, призначених для збору та аналізу інформації, отриманої в результаті дослідження невідомого або малодослідженого середовища.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Розглянемо принципи обмеженості традиційних підходів щодо автоматизації управління рухом мобільних роботизованих платформ, що є необхідним для розуміння значущості проблеми автоматизованого визначення механічної взаємодії колісної роботизованої платформи із навколишнім середовищем.

Управління будь-якими об'єктами та й мобільними платформами у то-му числі ґрунтується на фундаментальному факті існування залежності (відображення) між управлінням на стан об'єкту (рис. 1)

$$u(t) \rightarrow x(t) \quad (1)$$

де $u(t)$ – вектор, що визначає управління, та $x(t)$ – вектор, що визначає стан мобільної робото-технічної колісної платформи, які у загальному випадку змінюються протягом часу t .

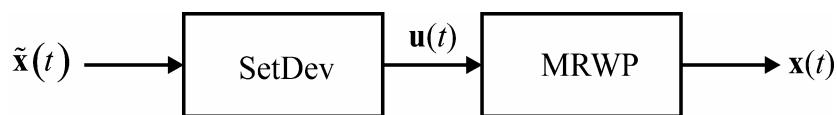


Рисунок 1 – Управління станом мобільної робото-технічної колісної платформи (MRWP) за допомогою задатчику (SetDev)

Щоб забезпечити бажаний стан руху мобільної колісної платформи за умов наявності неконтрольованих випадкових впливів з боку зовнішнього середовища слід виправляти управління відповідно до різниці між її бажаним та фактичним станами. Це може здійснювати оператор шляхом візуальної оцінки фактичного стану керованої колісної платформи та впливу на бажаний стан для корегування управління, що формується задатчиком. Такий підхід вимагає від оператора неперервного контролювання поточного стану платформи та вдалого корегування управління, а саме такий підхід є сутністю ручного управління, в якому зворотній зв'язок здійснюється оператором.

Для позбавлення недоліків ручного управління передбачають системи автоматизації із зворотнім зв'язком (рис.2) для забезпечення бажаного стану мобільної платформи протягом її руху. Для цього визначають різницю між заданим бажаним станом та вимірним фактичним станом і спеціальний пристрій – автоматичний регулятор стану AGS формує корегування управління для компенсації неконтрольованих впливів на мобільну колісну платформу з боку зовнішнього середовища.

платформи має передбачати автоматизацію вибору режиму руху, тобто автоматизоване формування вектору, що визначає бажаний стан руху. Для цього (рис. 3) слід передбачити бортову вимірювальну систему BMS, яка на основі вимірюваних даних про поточний стан рухомої колісної платформи визначає деякі характеристики стану, у тому числі і характеристики взаємодії із навколишнім середовищем, які представлені вектором, та, крім цього, слід передбачити також автоматичний регулятор режиму AGM, який має для заданого вектору формувати відповідний бажаний режим руху у вигляді вектору.

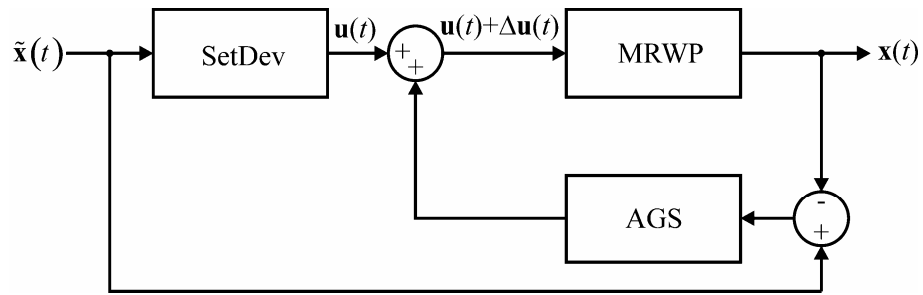


Рисунок 2 – Автоматичне регулювання стану мобільної робото-технічної колісної платформи за допомогою автоматичного регулятора (AGS)

Для забезпечення повної автоматизації управління рухом колісної роботизованої платформи Така система автоматизації дозволить максимально виключити людину оператора з контуру управління рухом мобільної колісної платформи та звести функції оператора до формування простих команд типу "рухатись"–"зупинитись".

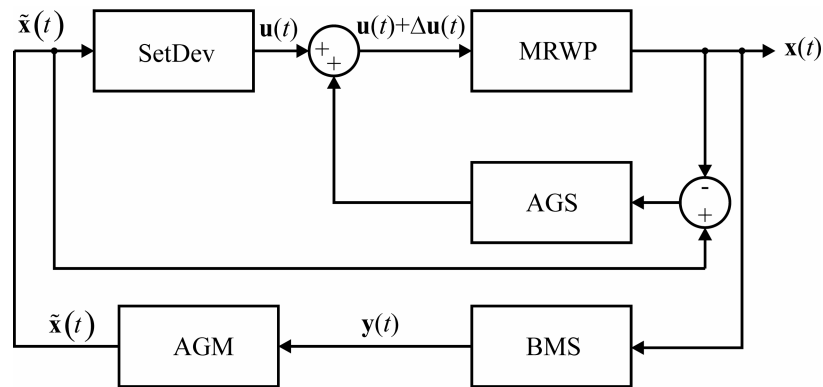


Рисунок 3 – Автоматичне управління рухом мобільної робото-технічної платформи за допомогою бортової виміральної системи BMS та регулятора режиму руху AGM

Оцінка механічної взаємодії мобільної роботизованої колісної платформи із зовнішнім середовищем дозволяє певним чином характеризувати це зовнішнє середовище, що є необхідним для раціонального вибору режиму руху колісної платформи.

Механічна взаємодія із зовнішнім середовищем мобільної роботизованої колісної платформи цілком визначається характером руху її складових, тому розглянемо далі схематизацію рухів колісної платформи та введемо до розгляду міри її взаємодії із зовнішнім оточенням.

Мобільна роботизована колісна платформа представляє собою колісний транспортний засіб, призначений для встановлення на ньому спеціального устаткування (рис. 4) для виконання передбачуваних операцій, і основна функція такої мобільної платформи полягає насамперед у перенесенні встановленого на ній устаткування до необхідного місця проведення робіт.

Зрозуміло, що конструювання та конструкція мобільної колісної роботизованої платформи можуть бути досить різними у залежності від призначення та бажаних характеристик, але в той же час, обов'язковими елементами завжди є корпус-шасі та колісний рушій, який може складатися із різної кількості ведучих та ведених коліс. Характерним для мобільних роботизованих платформ є використання електроприводу рушія від акумуляторних батарей, або зовнішнього джерела живлення за допомогою спеціального дроту.

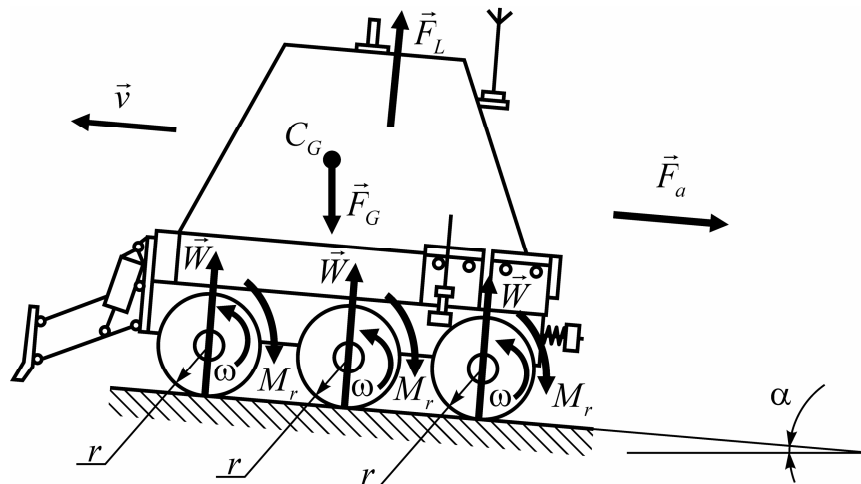


Рисунок 4 – Мобільна колісна роботизована платформа, її рух та взаємодія із зовнішнім середовищем

Природно, що характер взаємодії мобільної роботизованої колісної платформи із зовнішнім середовищем визначається характером руху складових платформи. Зрозуміло, що різним режимам руху платформи, наприклад при її розвороті, при криволінійному, або при прямолінійному русі характер взаємодії платформи із зовнішнім середовищем будуть відповідати різні взаємодії із навколишнім середовищем.

Зрозуміло, що оцінка взаємодії мобільної роботизовано колісної платформи із зовнішнім середовищем заснована на обробці з використанням математичних моделей результатів прямих вимірювань. Обробка вимірюваних сигналів від бортових датчиків, встановлених на досліджуваній колісній платформі, полягає у визначенні залежного від часу t вектора $x(t)$ стану та вектора $a^{(wp)}$ параметрів колісної платформи для точно заданого вектора $u(t)$ керування, вектора вимірюваного сигналу та вектора $a^{(wp)}$ параметрів вимірювальної системи. Таким чином, задачу обробки вимірюваних сигналів від бортових датчиків, встановлених на колісній платформі

$$u(t), v(t), a^{(ms)} \rightarrow x(t), a^{(wp)} \quad (2)$$

Для визначення відображення (2) необхідно насамперед побудувати математичну модель вимірювальної системи, що забезпечує непряме вимірювання вектора стану досліджуваної колісної платформи за допомогою безпосередньо вимірюваних сигналів від встановлених бортових датчиків. Ця модель повинна бути представлена в загальному випадку за допомогою наступної початкової задачі

$$\dot{x} = X^{(m)}(t, x, v, a^{(ms)}), x(t_0) = x^{(0)} \quad (3)$$

де $X^{(m)}$ є деякою функцією, яка принципово не може залежати від вектора параметрів невідомої колісної платформи, щоб мати можливість незалежного вимірювання; t_0 – початковий момент часу; $x^{(0)}$ – вектор, що визначає стан колісної платформи у початковий момент часу.

Початкову задачу (3), що представляє математичну модель непрямого вимірювання (ІМ на рис. 5), можна розв'язати будь-яким типовим відомим числовим методом, таким як Рунге-Кутта, що дозволить визначити вектор стану колісної платформи, відповідний відомому вектору вимірюваного сигналу та вектору параметрів вимірювальної системи. Наявність відомого вектора стану колісної платформи та вектора управління дозволяє визначити вектор параметрів колісної платформи шляхом розв'язування задачі ідентифікації відповідних параметрів (PI на рис. 5). Очевидно, що задача ідентифікації є в принципі

складнішою, ніж розв'язання початкової задачі, і ця обставина вимагає звернення до неї. Одним із найбільш загальних підходів до вирішення проблеми ідентифікації є метод найменших квадратів, для використання якого слід мати математичну модель динаміки колісної платформи у вигляді

$$\dot{x} = X^{(s)}(t, x, v, u, a^{(wp)}, a^{(ms)}), x(t_0) = x^{(0)} \quad (4)$$

де $X^{(s)}$ – деяка задана функція, що визначає математичну модель колісної платформи.

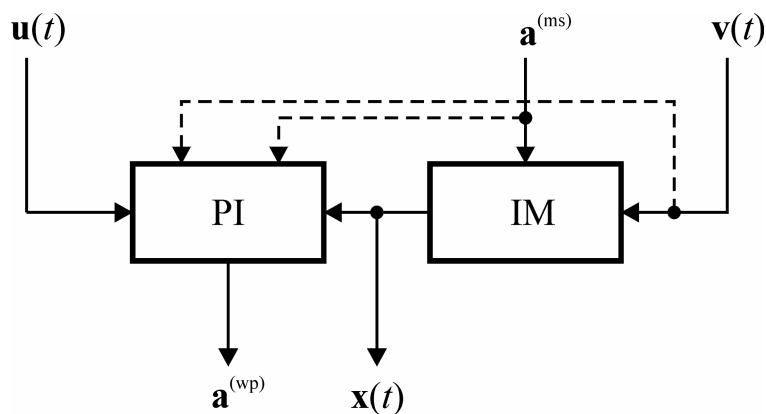


Рисунок 5 – Принципова схема обробки за допомогою математичних моделей вимірюваних сигналів

ВИСНОВКИ. Були розглянуті принципові обмеженості традиційних підходів щодо автоматизації управління рухом мобільних роботизованих платформ, що є необхідним для розуміння значущості проблеми автоматизованого визначення механічної взаємодії колісної роботизованої платформи із навколишнім середовищем, та механічна взаємодія із зовнішнім середовищем та її характеристики.

ЛІТЕРАТУРА

1. Робототехнические системы и комплексы: Учеб. пособие для вузов / И.И. Мачульский, В.П. Запятой, Ю.П. Майоров и др.; под ред. И.И. Мачульского. – Москва: Транспорт, 1999. – 446 с.
2. Динамика планетохода / Е.В. Авотин, И.С. Болховитинов, А.Л. Кемурджиан и др. – Москва: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1979. – 440 с.
3. Вонг Дж. Теория наземных транспортных средств: Пер. с англ. – Москва: Машиностроение, 1982. – 284 с.
4. Ким Д. П. Теория автоматического управления. Т. 2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы: Учеб. пособие. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 464 с.
5. Roshanianfard A., Noguchi N., Okamoto H., Ishii K. A review of autonomous agricultural vehicles (The experience of Hokkaido University) // Journal of Terramechanics. – vol. 91. – 2020. – p. 155-183.

Науковий керівник: Ромашов Юрій Володимирович, д.т.н., професор кафедри КІТАМ Харківського університету радіоелектроніки

АВТОМАТИЗОВАНЕ УПРАВЛІННЯ ТЯГЛОВИМИ ЕЛЕКТРИЧНИМИ ДВИГУНАМИ КОЛІСНОЇ РОБОТИЗОВАНОЇ ПЛАТФОРМИ З МЕТОЮ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПЛАВНОСТІ ЇЇ РУХУ

Баканов Д. Ю.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14

E-mail: daniil.bakanov@nure.ua

Анотація: В даній роботі проведено аналіз загальної структури систем управління та розглянуті основні характеристики та завдання автоматичних систем управління для колісної роботизованої платформи. Крім того було складено базові вимоги до тягового електроприводу колісної роботизованої платформи з використанням яких вдалось забезпечити плавність руху.

Ключові слова: роботизована платформа, тягловий електропривід.

AUTOMATED CONTROL OF TRACTION ELECTRIC MOTORS OF A WHEEL ROBOTIZED PLATFORM IN ORDER TO ENSURE ITS SMOOTHLY MOVEMENT

D. Bakanov

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauki Ave., 14

E-mail: daniil.bakanov@nure.ua

Abstract: In this article the analysis of the general structure of control systems is carried out and the main characteristics and tasks of automatic control systems for the wheeled robotic platform are considered. In addition, the basic requirements for the traction electric drive of a wheeled robotic platform were drawn up, with the use of which it was possible to ensure smooth movement.

Key words: robotic platform, traction electric drive.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Використання робототехнічних пристроїв для вирішення завдань віддаленого моніторингу, стеження, пошукових робіт тощо. в умовах підвищеної небезпеки набуває в даний час все більшого поширення. Область застосування мобільних колісних та гусеничних систем надзвичайно широка і обумовлена очевидними перевагами подібної техніки, серед яких можна виділити: високу прохідність, маневреність, високу надійність та відносну простоту конструкції. Найбільшого поширення для пошуково-розвідувальних операцій на пересіченій місцевості отримали повнопривідні колісні та гусеничні комплекси. Це обумовлено підвищеною прохідністю, можливістю подолання перешкод, високою маневреністю та гарною динамікою переміщення таких машин.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.

Найважливіше завдання АСУ – підвищення ефективності управління об'єктом на основі зростання продуктивності праці та вдосконалення методів планування процесу управління.

Функції АСУ в загальному випадку включають в себе наступні елементи:

- планування і прогнозування;
- облік, контроль, аналіз;
- координацію і регулювання.

АСУ повинна здійснювати наступні дії:

- збирання, обробку і аналіз інформації (сигналів, повідомлень, документів і т. п.) про стан об'єкту управління;
- вироблення управляючих дій (програм, планів і т. п.);
- передавання управляючих дій (сигналів, вказівок, документів) на виконання;
- реалізація і контроль виконання управляючих дій;

– обмін інформацією (документами, повідомленнями і т.п.) зі взаємозв'язаними автоматизованими системами.

Тяговий електропривод є системою, яка в більшості випадків працює в умовах обмеженої потужності, що підводиться. Це обмеження: по струму контактного дроту, струму акумуляторної батареї, потужності дизель-генераторної установки і т.д. Ця обставина змушує розробників тягових електроприводів забезпечувати роботу електроприводу у двох зонах регулювання: вниз та вгору від номінальної швидкості [1].

Регулювання вниз забезпечується у режимі сталості моменту, регулювання вгору – у режимі сталості потужності.

До тягового електроприводу висуваються різні вимоги, з яких можна виділити такі основні показники:

- максимальна швидкість руху;
- максимальний долаючий ухил;
- ухил, що тривало долається;
- час розгону/гальмування до/з заданої швидкості руху.

Крім того, існує маса другорядних вимог, частина з яких часто не можуть бути пояснені з позиції здорового глузду, наприклад, підтримання постійного значення потужності, що розвивається тяговим електроприводом у всьому діапазоні швидкостей. Як буде показано далі, ця вимога суттєво впливає на вибір встановленої потужності тягового електрообладнання та призводить до завищення показників щодо необхідних [2].

Для розгляду основних вимог слід визначити сили, що діють на колісну роботизовану платформу, які найбільше впливають на зазначені вимоги. Це сила опору потоку повітря, що набігає – F_A (air drag), сила тертя кочення коліс КРП при зіткненні з дорожнім покриттям – F_R (rolling drag), проекція сили тяжіння на поздовжню вісь, що виникає при русі транспортного засобу по дорозі з ухилом – F_G (grade), і сила тяги – F_T (traction force). Сила опору потоку повітря, що набігає, залежить від щільності повітря – ρ , коефіцієнта аеродинамічного опору кузова КРП – C_d , площі поперечного перерізу кузова КРП – A , і швидкості руху – V відповідно до рівняння [2]:

$$F_A = \frac{1}{2} \rho C_d A V^2 . \quad (1)$$

Сила тертя кочення визначається через коефіцієнт опору коченню f , який залежить від типу шини і типу дорожнього полотна [3]. Коефіцієнт окреслюється відношення моменту тертя кочення M_R до сили реакції опори $N = m_{max} g$. З урахуванням радіуса колеса R вираз для сили записується як:

$$F_R = \frac{f}{R} m_{max} g . \quad (2)$$

Для оцінки сили та потужності, які потрібні для руху на максимальній швидкості, вважають, що дорога строго горизонтальна. Тоді результуюча сила дорівнюватиме сумі (1) і (2):

$$F_{V_{max}} = F_A + F_R , \quad (3)$$

а потужність може бути розрахована шляхом множення на максимальну швидкість [3]:

$$P_{V_{max}} = \frac{1}{2} \rho C_d A V_{max}^3 + \frac{f}{R} m_{max} g V_{max} . \quad (4)$$

Максимальна тяга найчастіше визначається ухилом дороги, який потрібно долати або короткочасному режимі, або постійно[4]. Формула повинна враховувати одночасно і силу тертя кочення, і проекцію сили тяжіння:

$$F_{max} = mg \left(\sin(\alpha) + \frac{f}{R} \right), \quad (5)$$

де α – кут ухилу дороги.

Кінематичний аналіз руху мобільної платформи. Положення платформи однозначно визначається координатами центру мас корпусу і кутом повороту корпусу φ . При кінематичному аналізі руху колісної платформи вирішується завдання визначення положення, швидкості центру мас платформи та швидкості точок C_i , і K_i зображено на рис. 1.

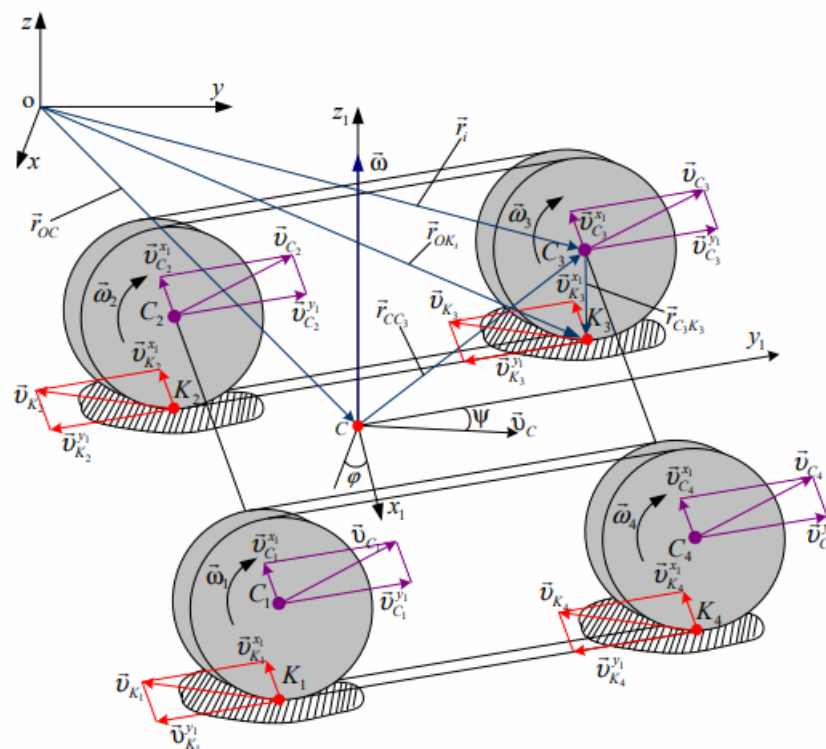


Рисунок 1 – Кінематична схема колісної платформи

На схемі (рис. 1) прийнято такі позначення: $xOyz$ – нерухома система координат, $xC_1Y_1Z_1$ – рухома система координат, M_1, M_2 – крутні моменти на провідних колесах 1 і 2, C_1, C_2, C_3, C_4 – точки кріплення центру коліс; K_1, K_2, K_3, K_4 – точки контакту коліс із поверхнею; N_1, N_2, N_3, N_4 – сили нормальних реакцій, що діють у точках контакту коліс мобільної електромеханічної системи з поверхнею[5], $F_{TP1}^{x1}, F_{TP2}^{x2}, F_{TP3}^{x3}, F_{TP4}^{x4}, F_{TP1}^{y1}, F_{TP2}^{y2}, F_{TP3}^{y3}, F_{TP4}^{y4}$ – проекції сил тертя, відповідно на вісь OX_1 і вісь OY_1 ; $v_{C1}, v_{C2}, v_{C3}, v_{C4}$ – швидкості точок кріплення центру коліс; $v_{K1}^{x1}, v_{K2}^{x2}, v_{K3}^{x3}, v_{K4}^{x4}, v_{K1}^{y1}, v_{K2}^{y2}, v_{K3}^{y3}, v_{K4}^{y4}$ – швидкості точок контакту коліс з поверхнею на ось OX_1 та OY_1 ; $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$ – кутові швидкості обертання коліс, mg – сила тяжіння, що діє на платформу, l_1 – відстань від центру мас до 1-го та 4-го колеса, l_2 – відстань від центру мас до 2-го та 3-го колеса, φ – кут повороту корпусу

електромеханічної платформи навколо CZ1. α_1, α_2 – кут між лінією CC1 та віссю CY1 (α_1 для $i=1,4$; α_1 для $i=2,3$ відповідно).

ВИСНОВКИ. В даній роботі проведено аналіз загальної структури систем управління та розглянуті основні характеристики та завдання автоматичних систем управління для колісної роботизованої платформи. Крім того було складено базові вимоги до тягового електроприводу колісної роботизованої платформи з використанням яких вдалось забезпечити плавність руху.

ЛІТЕРАТУРА

1. Робототехнічні системи та комплекси: Навч. посібник для вузів/І.І. Мачульський, В.П. Комою, Ю.П. Майоров та ін; за ред. І.І. Мачульського. – Москва: Транспорт, 1999. – 446 с.
2. Динаміка планетоходу/Є.В. Авотін, І.С. Болховітінов, А.Л. Кемурджіан та ін. – Москва: Наука, Головна редакція фізико-математичної літератури, 1979. – 440 с.
3. Кім Д. П. Теорія автоматичного управління. Т. 2. Багатомірні, нелінійні, оптимальні та адаптивні системи: Навч. посібник. – М.: ФІЗМАТЛІТ, 2004. – 464 с.
4. Вонг Дж. Теорія наземних транспортних засобів: Пер. з англ. – Москва: Машинобудування, 1982. – 284 с.
5. Левін М.А., Фуфаєв Н.А. Теорія кочення колеса, що деформується. – Москва: Наука, 1989. – 272 с.

***Науковий керівник:** Ромашов Юрій Владимирович, д.т.н., професор кафедри КІТАМ Харківського університету радіоелектроніки*

УДК.338.45

ОГЛЯД СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ПРИКЛАДІ ІНДУСТРІЇ 4.0

Білоус М. Ю., Медова К.Г.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: maryna.bilous@nure.ua, katernyna.medova@nure.ua

Анотація: У даній статті було розглянуто концепцію Індустрії 4.0. Розглянуто основні складові технології, її основна ціль та задача. Проаналізовано кроки, що виконує промислова корпорація для переходу на новий рівень промислової революції. В результаті роботи виявили головні особливості, переваги та недоліки концепції. Зроблено висновки щодо актуальності технології на сьогоднішній день, його прогресу та розвитку.

Ключові слова: Індустрія, автоматизація, комп'ютеризація, датчик, інтеграція, виробництво, компанії, технології.

OVERVIEW OF MODERN TECHNOLOGIES ON THE EXAMPLE OF INDUSTRY 4.0

M. Bilous, K. Medova

Kharkiv Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av, 14

E-mail: maryna.bilous@nure.ua, katernyna.medova@nure.ua

Abstract: This article discusses concept of Industry 4.0. The main components of technology, its main purpose and task are considered. The steps taken by industrial corporation to move new level of industrial revolution are analyzed. The work revealed main features, advantages and disadvantages of concept. Conclusions are made on relevance of technology today, its progress and development.

Key words: Industry, automation, computerization, sensor, integration, production, companies, technology.

На сьогоднішній день автоматизацію та комп'ютеризацію можна вважати одними з головних напрямків науки і техніки, які привносять глобальні зміни в технології 21 століття.

Четверта промислова революція – це один з етапів застосування та використання комп'ютерних технологій для виробництва. Вибір способу розвитку компаній залежить від їх ресурсних можливостей.

До основних технологій 21 століття відносяться: прогнозована аналітика; великі дані; хмарні обчислення; вдосконалена автоматизація машин, вдосконаленого планування, роботизованої палетизації, розумних роботів та машин; інтелектуальні датчики; адитивне виробництво автономних транспортних засобів (наприклад, 3D-друк) для компоненти; відстеження технологічних процесів тощо є необхідним для створення підприємства 4.0 [1].

Індустрія 4.0 – це цифрова зміна, котру проводять більшість промислових і виробничих компаній, що включає в себе збільшення обсягу даних, трансформування та оновлення способу взаємодії людини з технікою, наприклад, технології доповненої реальності, симуляції, сенсорні інтерфейси, 3D-технології.

Дистанційне управління багатьма технічними складовими заводів, створення цифрової копії підприємства, автоматизація, комп'ютеризація та роботизація компонентів та моніторинг роботи – головна мета четвертої промислової революції.

Тобто, поєднання матеріального світу з віртуальним в єдину цифрову систему.

Наприкінці 20 століття впровадження інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) та робототехніки носило локальний характер, що призводило до складнощів у сумісності з різними підприємствами. Однак з розвитком ІКТ, інтернетом, хмарних серверів була забезпечена поява глобальна промислова мережа, котра дозволила налагодити взаємодію між підприємствами. Ця система має вагомий вплив на економіку та ринки ІКТ, та піднімає рівень промислової індустріалізації з третього до четвертого [2–4].

Розглянемо ключові сучасні технології та їх суть.

1. Віртуальна і доповнена реальність (VR / AR). Перші асоціації зі словом віртуальний це слова, що пов'язані з іграми, проте зі стрімким розвитком цієї індустрії віртуальну та доповнену реальність використовують у професійних сферах. Великі корпорації впроваджують нові способи навчання своїх підлеглих, наприклад, навчання пілотів, інженерів та солдатів проводять з використанням технології VR. А також у більш масовому застосуванні: освіта, ігри, розваги. VR і AR гарнітура на великих підприємницьких заводах дозволяє робітникам безпечно тестувати нову техніку.

2. Big Data. Щоденно кількість інформації зростає. Дані про управління промисловими процесами, технології, науку, ринки, банки, підприємства та інші сфери людської діяльності постійно з'являються в інтернет мережах. Однак проаналізувати та зберегти всю цю кількість даних програмне забезпечення не може, тому цю задачу виконує машинне навчання. Проте великі дані потребують високого рівня безпеки. Імпульс розвитку платформи Індустрія 4.0 задають дані. Якісна аналітика даних – обов'язкова умова успішного впровадження цифрових платформ на підприємстві.

3. Кібербезпека. Дані, а зокрема у великому розмірі, що аналізуються корпораціями та підприємствами, зазвичай мають дорогу ціну. Їхня втрата або витік призводить до багатьох проблем для компаній. Існує багато видів кіберзагроз, проте більшість із них залежить від технологій, які використовувалися в виробництвах, методології побудови систем, а також швидкості і якості обробки потоку даних. Тому постійне підвищення заходів безпеки зможе забезпечити конфіденційність та цілісність великих даних.

Дослідження кібер-фізичних систем має на меті інтегрувати знання та інженерні принципи у всьому світі обчислювальні та інженерні дисципліни (створення мереж, управління, програмне забезпечення, взаємодія людини, навчання теорії, а також

електричної, механічної, хімічної, біомедичної, матеріалознавчої та іншої техніки дисципліни).

У промисловій практиці багато інженерних систем були розроблені шляхом від'єднання системи управління дизайн з деталей апаратного або програмного забезпечення. Після того, як система управління була розроблена та перевірена шляхом детального моделювання, для вирішення невизначеності моделювання та випадкових порушень були використані спеціальні методи налаштування. Однак інтеграція різних підсистем при збереженні системи функціональною та функціонування, займає багато часу і коштує дорого. Наприклад, в автомобільній промисловості, управління автомобілем система спирається на системні компоненти, виготовлені різними постачальниками із власним програмним та апаратним забезпеченням.

Кібер-фізична система взаємодіє з фізичними системами через мережі. Мережеві системи та фізична система відкриті, тому можуть статися вторгнення, підробка та інші шкідливі атаки. Кібер-фізична система повинна бути здатною забезпечити довіру, безпеку, можливості роботи в режимі реального часу, динамічність та передбачуваність. Безпека вимагає шифрування та дешифрування надісланої чи отриманої інформації, а конфіденційність інформації має бути захищена.

4. Штучний інтелект. Основною задачею штучного інтелекту (ШІ) можна назвати не тільки вирішення рутинної задачі по прописаному алгоритму, а здатність вирішення нових проблеми завдяки адаптації до незнайомих умов. На виробництві ШІ аналізує фотографії конвеєрів та виявляє недоліки, прогнозує та оптимізує більшість виробничих дій.

5. Мобільний зв'язок 5G. Більшість виробництв створюють великі потоки інформації, що сильно навантажує мережі. Створення швидких мереж для транспортування гігабайтів даних може коштувати великих коштів. Тому все більше компаній замислюються про впровадження новітніх мереж 5G.

6. Хмарне зберігання й обробка даних. Для зберігання величезної кількості інформації компаній часто використовується хмарні сервери. Локальне зберігання даних все частіше показує свою застарілість та незручність у використанні.

7. Цифрові двійники (рис. 1) [5]. Технологія, що включає в себе повну цифрову копію даних про виробництво та виробничі процеси називається цифровими двійниками. Застосування цієї концепції зменшує кількість коштів витрачених на тестування проектів виробництва та його обслуговування. Наявність дистанційного контролю конвеєрів чи верстатів полегшує роботу [6].

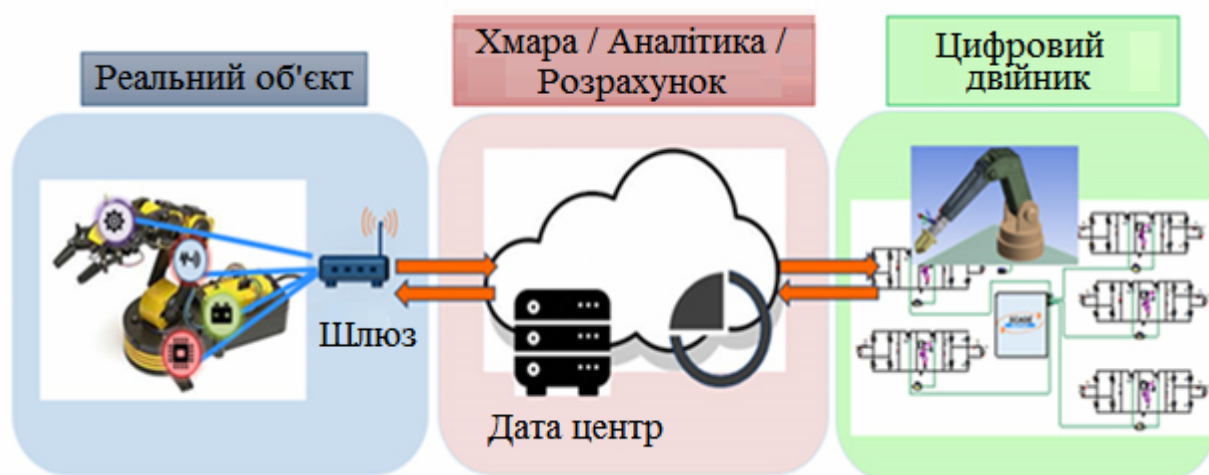


Рисунок 1 – Схема роботи цифрового двійника

Штучний інтелект, хмарне обчислення, доповнена реальність, кібербезпека, Big Data – ці технології людина вже давно використовує у повсякденному житті на практиці, проте

об'єднання всіх цих компонентів в єдину систему надає можливість удосконалити концепцію розвитку комп'ютеризації, вивести її на новий рівень, а також інтегрувати в життя багатьох підприємств.

Проте саме підприємство має бути оснащено всіма необхідними технологіями та повинні бути дотримані наступні аспекти:

- наявність сучасного або модернізованого обладнання, що призначене для складних розрахунків та цифрового управління;
- наявність дистанційного управління та обслуговування складної техніки;
- налагоджена мережева взаємодія автоматизованого виробництва;
- використання симуляції для створення віртуальної копії підприємства, що дає змогу бачити стан обладнання у реальному часі.
- здатність прогнозу виробництва;
- своєчасна аналітика ринку та адаптація під нього.

Розвиток комп'ютеризації прямо пропорційно залежить від багатьох новітніх технологій.

Так, наприклад, застосування ІКТ для трансформування даних в цифровий формат полегшить та прискорить пошук інформації [7].

Інтегрування інформації в одну систему організує дані з використання продукції всередині виробничої організації та за її межами.

На сьогодні за допомогою: віртуальних технологій, доповненої реальності, інтелектуальних інструментів, штучного інтелекту, симуляцій, адитивні технології (3D-друк), ще на етапі розробки та проектуванні продукції можна спрогнозувати складності у виготовленні матеріалів.

Обмін даними виконувати через бездротові та інтернет технології. Велику кількість інформації зберігати на хмарних серверах або у виробничих цехах [3, 7].

Таким чином, в ході проведеного огляду до позитивних аспектів Індустрії 4.0 можна віднести:

1. Автоматизацію та комп'ютеризацію передачі інформації. Гнучку техніку виробництва, що дозволяє виготовляти продукт з індивідуальною характеристикою на масовому виробництві.
2. Вплив на економіку – підвищення річної економічної ефективності на 5 –7 %, що призводить до збільшення Валового внутрішнього продукту.
3. Ріст безпеки (удосконалення технології віртуальної реальності призведе до збільшення рівню кібербезпеки на промислових підприємствах).
4. Поліпшення якості продукції – своєчасне оновлення техніки та впровадження новітніх технологій передбачить промислові помилки.
5. Покращення якості продуктивності. Більш раціональне витрачення часу.

Проте існують певні недоліки цієї концепції:

1. Актуальність та коректність даних бо під час трансформації інформації (власноруч) можуть допускатися помилки.
2. Низька грамотність робітників через недолік досвіду.

Що стосовно прогресу та розвитку Індустрії 4.0 то, він обумовлений необхідністю безперервного випереджаючого розвитку високотехнологічної промисловості, яку можна досягти шляхами своєчасного формування стратегій та програм інноваційного розвитку підприємств та організацій і т.п.

Одним з основних інструментів реструктуризації і процесу формування «нової промисловості» є збалансована науково обґрунтована структурна макроекономічна політика.

Основна ідея Індустрії 4.0 – створення власноорганізованих та самоадаптованих систем динамічних мережевих структур поставок, протягом усього життєвого циклу виробів для реалізації максимально гнучкого індивідуального виробництва з витратами масового потокового виробництва.

Індустрію 4.0 може стати джерелом нових можливостей для своїх організацій. Індустрія 4.0 змінює зміст і співвідношення категорій споживання, очікувань, цінності, якості і споживчого досвіду, що вимагає трансформації традиційних поглядів і підходів до менеджменту якості [7].

У статті кратко представлені етапи на шляху перетворення підприємств на підприємства потреби четвертої промислової революції.

Завдяки збору й аналізу даних в реальному часі та штучного інтелекту, та здатності всіх компонентів виробничої лінії «спілкуватися» один з одним, виробництво може бути дійсно ефективним і персоналізованим, відповідно до потреб клієнтів.

Завдяки посиленню автоматизації для людей з'явиться час для зосередження уваги на більш складних завданнях. Людський дотик буде важливим для забезпечення ефективного вирішення проблем і підтримки управління в цифровому середовищі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ortiz J.H. Industry 4.0 Current Status and Future Trends Edited. London, United Kingdom. 2020. P. 19 – 81.
2. Soldatos J. Introduction to Industry 4.0 and the Digital Shopfloor Vision. // Marousi, GR15125, Greece. 2019. – P. 2 –18.
3. Sergi B., Popkova E., Bogoviz A., Litvinova T. Understanding industry 4.0: AI, the Internet of things, and the future of work. // Emerald Publishing. 2019. P. 47 –133.
4. Пуха Ю. «Индустрия 4.0»: создание цифрового предприятия. // Всемирный обзор реализации концепции «Индустрия 4.0» за 2016 год. 2016. С. 2 –10.
5. Кокорев Д.С., Юрин А.А. Цифровые двойники: понятие, типы и преимущества для бизнеса // Colloquium-journal. Голопристанський міськрайонний центр зайнятості, 2019. №. 10 (34). С. 1–5.
6. Yudina M. Industry 4.0: Opportunities and Challenges. // Fourth Industrial Revolution. 2017. P. 3 –23.
7. Салимова Т. А., Ватолкина Н. Ш. Менеджмент качества в условиях перехода к индустрии 4.0 //Стандарты и качество. 2018. Т. 972. №. 6. С. 58.

***Науковий керівник:** Сотник Світлана Вікторівна, к.т.н., доцент кафедри КІТАМ, Харківського національного університету радіоелектроніки*

УДК 004.3; 004.9

РОЗРОБКА СТРУКТУРИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ БЛОКУВАННЯ ДОСТУПУ ДО ВІЗУАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ПІД-ПРИСТРОЮ

Божко П. М.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14

E-mail: pavlo.bozhko@nure.ua

Анотація: У роботі виконано аналіз проблеми захисту конфіденційної інформації. Розглянуто способи та методи крадіжки інформації, проведено аналіз наявних конструкцій і характеристик автоматичних систем контролю доступу до інформації. Запропоновано структурну схему системи. На її основі вибрано апаратні модулі та датчики. В результаті була розроблена схема електрична принципова автоматизованої системи.

Ключові слова: автоматизована система, інформація, контроль, доступ, блокування.

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED SYSTEM STRUCTURE FOR BLOCKING ACCESS TO VISUAL INFORMATION USING A HID-DEVICE

P. Bozhko

Kharkiv National University of Radioelectronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av., 14

E-mail: pavlo.bozhko@nure.ua

Annotation: The analysis of the problem of confidential information protection is performed in the work. Methods and techniques of information theft are considered, the analysis of existing designs and characteristics of automatic systems of access control to information is carried out. The structural scheme of the system is offered. Based on it, hardware modules and sensors are selected. As a result, a circuit diagram of the basic principle of the automated system was developed.

Key words: automated system, information, control, access, blocking.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. На сьогодні однією із найважливіших проблем у житті будь-якого користувача комп'ютера є захист своїх збережених даних від шахраїв та зловмисників.

Ще кілька десятків років тому проблема захисту цифрової інформації користувача комп'ютера не стояла так гостро, адже її використання було досить малим. Але з кожним роком цифрова інформація все більше і більше проникає у життя людей. Сьогодні навіть рецепт у лікаря можна отримати у вигляді цифрового документа. Одночасно з ростом використання цифрової інформації виникає потреба в її захисті, особливо актуальною ця проблема стала після низки хакерських атак на комп'ютерні ресурси світових компаній. Зараз майже у кожної людини є персональний комп'ютер (ПК), кожна людина має велику кількість конфіденційної інформації, яку необхідно захищати від зловмисників та сторонніх «поглядів». Через це розробка автоматизованої системи блокування доступу до візуальної інформації з використанням НІД-пристрою стане одним із варіантів для зручного захисту від сторонніх «поглядів» на інформацію на екрані комп'ютера.

Використання в розроблюваній системі захисту інформації НІД-пристрою має ряд переваг: проста конструкція та невеликі розміри, компактність, що дозволяє його залишити непомітним та розмістити в будь-якому зручному для користувача місці. Завдяки магніту його можна розмістити в підвішеному стані, наприклад під столами або біля інших предметів інтер'єру. Область застосування для пристрою універсальна: це може бути як домашнє використання, так і користування у робочому процесі. Область використання може бути різноманітною, адже він в будь-якому місці зможе виконувати свою основну функцію, де є користувач і комп'ютер.

ВСТУП. Інформація – це усвідомлені відомості про навколишній світ, які є об'єктом зберігання, перетворення, передачі і використання. Існують три основні методи отримання інформації з комп'ютера:

- безконтактний;
- контактний, за допомогою технічних засобів встановлених в контрольованих ланцюгах;
- за допомогою впроваджених програмних модулів в програмному забезпеченні (ПЗ), через мережі.

Так як пристрій, що розроблюється буде захищати від витоку різних видів інформації, яка буде міститися на ПК, то було розглянуто основні канали витоку та способи знімання інформації, а також способи захисту. Основними каналами витоку конфіденційної інформації є [1]:

- вібраційні канали;
- електроакустичні канали;
- оптико-електронні канали;
- параметричні канали;

- візуально-оптичні канали;
- електромагнітні канали.

У вібраційних каналах (структурних каналах) витоку інформації середовищем поширення акустичних сигналів є конструкція будівель (стіни, стелі, підлоги), труби водо- і теплопостачання, каналізації та інші тверді тіла. Основним способом знімання інформації в цьому випадку є вібродатчики.

Методи знімання інформації: через використання структурного звуку в стінах або перекриттях; витік через мережі опалення, газо- і водопостачання.

Засобами захисту інформації при використанні вібраційних каналів є захисні фільтри.

Електроакустичні канали витоку інформації зазвичай утворюються шляхом перетворення акустичних сигналів в електричні за двома основними напрямками: шляхом "високочастотного нав'язування" і шляхом перехоплення через допоміжні технічні засоби і системи. Найчастіше подібний канал витоку інформації використовують для перехоплення розмов, що ведуться в приміщенні, через стаціонарний (дротовий) телефон, який має вихід за межі контрольованої зони.

Методи знімання інформації:

- знімання інформації шляхом наведень і "нав'язування";
- знімання інформації через використання "телефонного вуха";
- витік через канал охоронно-пожежної сигналізації.

Одним із основних способів знімання інформації є підключення до допоміжних технічних засобів і систем (телефон, датчики пожежної сигналізації, гучномовці ретрансляційної мережі).

Методи і засоби захисту інформації:

- використання спеціальних пристроїв, що приховують канал зв'язку;
- відключення телефонних апаратів від лінії при проведенні в приміщенні конфіденційних розмов;
- установка в телефонній лінії спеціального пристрою захисту, який автоматично відключає телефон від лінії при встановленій телефонній трубці;
- використання методу виводу з ладу закладних пристроїв або їх модулів, що зчитують сигнал, шляхом подачі в лінію високовольтних імпульсів.

При опроміненні лазерним променем віброуючих в акустичному полі тонких дзеркальних поверхонь, таких як скло вікон, дзеркал, картин тощо, створюється оптико-електронний (лазерний) канал витоку акустичної інформації. Відбите лазерне випромінювання модулюється по амплітуді і фазі і приймається приймачем оптичного випромінювання, при демодуляції якого виділяється мовна інформація. Для перехоплення мовної інформації з даного каналу використовуються радіолокаційні системи, що працюють, як правило, в ближньому інфрачервоному діапазоні і відомі як "лазерні мікрофони" [1]. Дальність перехоплення складає кілька сотень метрів.

Метод знімання інформації – лазерне зчитування акустичної інформації з вікон.

Спосіб знімання інформації – за допомогою використання "лазерних мікрофонів".

Методи і засоби захисту інформації: звукоізоляція вікон; встановлення на скло вікон генераторів завадних вібрацій або віброізоляція.

Канали витоку графічної інформації реалізуються технічними засобами і надають інформацію у вигляді зображень об'єктів або копій документів, одержуваних шляхом спостереження за об'єктом, зйомки об'єкта і копіювання документів. Залежно від умов спостереження, зазвичай, використовуються відповідні технічні засоби, в тому числі: оптика, телекамери. Для документування результатів спостереження проводиться зйомка об'єктів. Для зняття копій документів використовуються електронні і спеціальні (закамуфльовані) фотоапарати. Для дистанційного знімання видової інформації використовують сховані відеокамери, або здійснюють відео-зйомку з будівель розташованих поблизу.

Методи знімання інформації: спостереження; фотографування; відеозйомка об'єкта.

Способи знімання інформації: знімання інформації з використанням прихованих відеокамер; використання закамурфльованої техніки (фотоапарата, відеокамери); спостереження за об'єктом з сусідніх будівель.

Методи і засоби захисту інформації: пошук схованих пристроїв запису (відеокамери, фотоапарати); екранування приміщення; використання жалюзі або штор.

Для електромагнітних каналів витоку характерними є побічні електромагнітні випромінювання елементів технічних засобів обробки інформації. Носієм інформації є електричний струм, сила, напруга, частота або фаза якого змінюються згідно із законом інформаційного сигналу. Електромагнітні випромінювання на частотах роботи генераторів технічних засобів обробки інформації допоможуть захиститися від витоку інформації.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ. Інформаційну систему в загальному випадку можна уявити як інформаційний простір та пристрій, що оброблює інформацію. Обчислення розбиваються на окремі модулі, розташовані в інформаційному просторі. Схему виконання обчислень можна представити таким чином: пристрій, що оброблює дані, під керівництвом виконавчої програми може звертатися до інформаційного простору, зчитуючи і редагуючи його [2].

Серед засобів захисту інформації важливе місце займають апаратно-програмні інструменти контролю доступу до комп'ютерів – електронні замки, пристрої введення ідентифікаційних ознак (ПВІО) і відповідне ПЗ. Спільне застосування ПВІО і електронного замка дає можливість спорудити перед зловмисником дві лінії захисту, які наведено на рис. 1 [3].

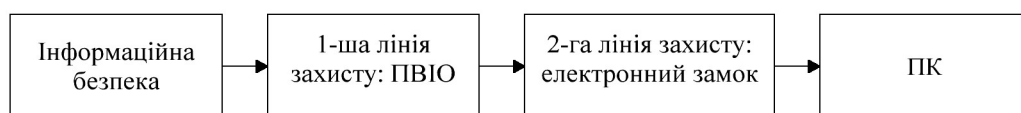


Рисунок 1 – Дві лінії захисту [3]

Доступ до інформаційних ресурсів комп'ютера користувач отримує після успішного виконання процедур ідентифікації і автентифікації. Ідентифікація полягає в розпізнаванні користувача за властивими або наданими йому ідентифікаційними ознаками. Перевірка приналежності пред'явленого ним ідентифікатора (підтвердження автентичності) проводиться в процесі автентифікації.

У апаратно-програмних засобах контролю доступу до комп'ютерів ідентифікація і автентифікація, а також ряд інших важливих захисних функцій, здійснюються за допомогою електронного замка і ПВІО до завантаження операційної системи [4]. До складу апаратних засобів ПВІО входять ідентифікатори і зчитувальні пристрої. Сучасні ПВІО класифікуються по виду ідентифікаційних ознак і за способом їх зчитування, які наведено на рис. 2.

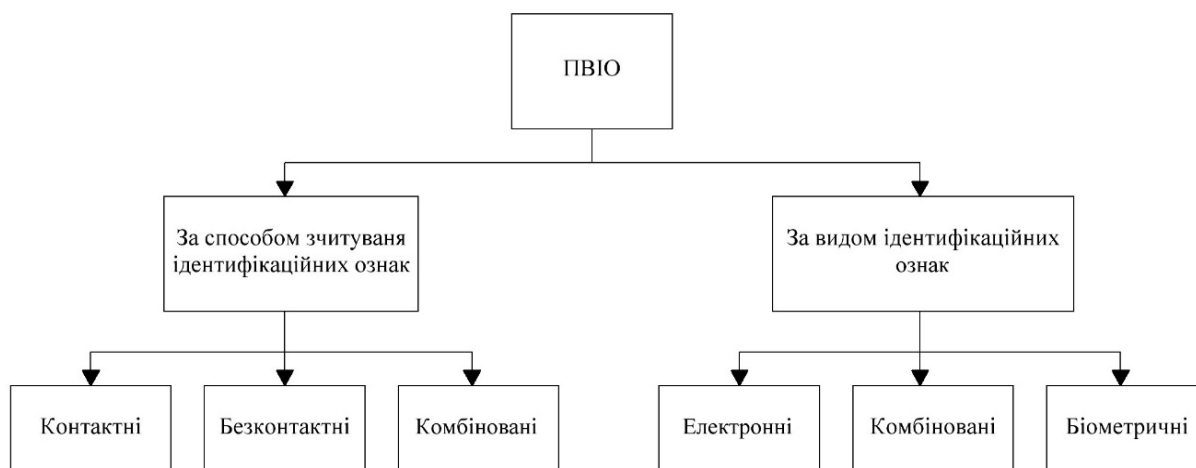


Рисунок 2 – Класифікація ПВІО [4]

За способом зчитування вони поділяються на: контактні, дистанційні (безконтактні) і комбіновані.

Контактне зчитування ідентифікаційних ознак передбачає безпосередню взаємодію ідентифікатора і зчитувача – проведення ідентифікатора через зчитувач або зчитування на відстані.

Безконтактний (дистанційний) спосіб зчитування не вимагає чіткого позиціонування ідентифікатора і зчитувача.

Комбінований спосіб має на увазі поєднання обох методів зчитування та одночасне їх використання.

В електронних ПВІО ідентифікаційні ознаки представляються у вигляді коду, записаного в мікросхемі пам'яті ідентифікатора. В біометричних пристроях ідентифікаційними ознаками є індивідуальні фізичні ознаки людини (відбитки пальців, геометрія долоні, малюнок сітківки ока, голос, динаміка підпису і т. д.).

РІШЕННЯ ЗАДАЧІ. Після проведення аналізу розроблено структурну схему системи контролю доступу до роботи на ПК, в котрій наведено основні елементи, з яких буде складатися пристрій (рис. 3).

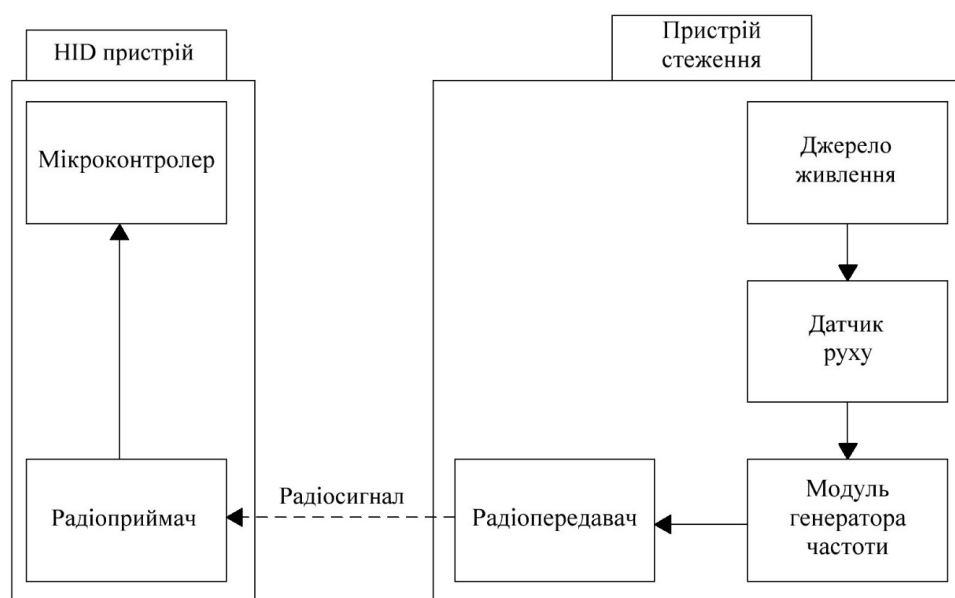


Рисунок 3 – Структурна схема комп'ютерно-інтегрованої системи контролю доступу

Для розроблення системи було обрано плату ATINY85 Digispark. Мікроконтролер пристрою використовується як виконавчий пристрій, він отримує інформацію від радіоприймача, який працює на частоті 433 МГц та керує системами захисту на ПК [5]. Разом ці два компоненти утворюють модуль керування.

Пристрій стеження слідкує за простором та надсилає значення датчика руху до модуля керування за допомогою радіопередавача. Модуль керування після отримання сигналу починає виконувати визначену послідовність команд. Ці команди можна налаштовувати за необхідністю. У розроблюваній системі такою командою буде блокування ПК. Однак це створює деякі незручності, а саме: встановлення захисного пароля під час початку використання ПК, а також реагування датчика пристрою на будь-який рух. Для уникнення цих недоліків потрібно паралельно використовувати систему розпізнавання обличчя для того, щоб комп'ютер не переходив у режим блокування, коли датчик помітить саме власника цього ПК.

Через те, що конструкція складається з двох модулів потрібно два джерела живлення. Для модуля керування як джерело живлення буде використано мережу 5В комп'ютера, а для живлення пристрою стеження буде використано два акумулятори типорозміру 18650, які забезпечать досить великий час автономної роботи.

Для передачі інформації через радіоканал обрано радіо модуль, який складається з двох незалежних частин: приймача SYN480R та передавача SYN115. Цей радіоканал має досить хороші показники стійкості сигналу та завадостійкості.

Як пристрій слідкування за рухом використовується піроелектричний інфрачервоний (PIR) датчик руху. Ці датчики мають невеликі габарити, малу ціну, споживають мало енергії, практично не схильні до зносу і дуже часто використовуються в системах сигналізації, де і зарекомендували себе. 3D-моделі корпусу пристрою стеження будуть розроблені в САПР SolidWorks та роздруковані на 3D-принтері. Програма керування написана на мові C++ з використанням середовища Arduino IDE для більш простого налаштування мікроконтролеру.

ВИСНОВКИ. Таким чином, у роботі проведено ретельний аналіз предметної області, зокрема видів та методів витоку цифрової інформації. Описано можливі способи захисту від витоку. Розроблено структурну схему автоматизованої системи блокування доступу до візуальної інформації й обрано та описано її основні складові частини.

У процесі подальшої роботи необхідно буде проаналізувати та визначити переваги та недоліки аналогів розроблювальної системи; розробити конструкцію макета; побудувати 3D-моделі усіх компонентів, що будуть друкуватися на 3D-принтері; розробити програмне забезпечення для керування системою контролю доступу; налагодити радіозв'язок між модулем стеження та виконавчим модулем.

ЛІТЕРАТУРА

1. Основы информационной безопасности и защиты информации [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www/ URL: https://sites.google.com/site/anisimovkhv/learning/kripto/lecture/tema1](http://www/URL:https://sites.google.com/site/anisimovkhv/learning/kripto/lecture/tema1) – 01.11.2021 р. – Загол. з екрану.
2. Способ защиты визуальной информации на дисплее компьютера и устройство для его реализации [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www/ URL: https://findpatent.ru/patent/212/2126988.html](http://www/URL:https://findpatent.ru/patent/212/2126988.html) – 01.11.2021р. – Загол. з екрану.
3. Маскирование цифровой визуальной информации: термин и основные определения [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www/ URL: https://cyberleninka.ru/article/n/maskirovanie-tsifrovoy-vizualnoy-informatsii-termin-i-osnovnye-opredeleniya/viewer](http://www/URL:https://cyberleninka.ru/article/n/maskirovanie-tsifrovoy-vizualnoy-informatsii-termin-i-osnovnye-opredeleniya/viewer). – 01.11.2021 р. – Загол. з екрану.
4. Защита цифровой информации [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www/ URL: https://remonline.ua/ru/blog/protection-of-information-in-modern-world/](http://www/URL:https://remonline.ua/ru/blog/protection-of-information-in-modern-world/) – 02.11.2021 р. – Загол. з екрану.<https://searchinform.ru/informatsionnaya-bezopasnost/osnovy-ib/ugrozy-informatsion-noj-bezopasnosti>
5. Плата розробника ATtiny85 USB від Digispark [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www/ URL: https://arduino.ua/prod1985-plata-razrabotchika-attiny85-usb-ot-digispark](http://www/URL:https://arduino.ua/prod1985-plata-razrabotchika-attiny85-usb-ot-digispark) – 02.11.2021 р. – Загол. з екрану.
6. Міні датчик руху PIR [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www/ URL: https://uamper.com/Мини-пирозелектрический-инфракрасный-датчик-движения-PIR](http://www/URL:https://uamper.com/Мини-пирозелектрический-инфракрасный-датчик-движения-PIR) – 02.11.2021 р. – Загол. з екрану.

Науковий керівник: *Бабак Ірина Миколаївна, доцент, к.т.н., доцент кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки.*

ПІДТРИМКА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ СЕНСОРНОЇ СИСТЕМИ МАНІПУЛЯЦІЙНОГО РОБОТА

Борисовський А.С.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: artur.borysovskiy@nure.ua

Анотація: Для задачі автоматизації проєктування маніпуляційного робота в рамках агрегативно-декомпозиційного підходу було виконано розбиття вихідної задачі на множини з більш простих підзадач. Для ітераційної схеми технології проєктування розроблено компоненти системи підтримки рішень з вибору сенсорної системи маніпуляційного за множиною функціональних і вартісних показників.

Ключові слова: сенсорна система, робот-маніпулятор, Arduino, датчики.

DECISION SUPPORT IN TOUCH DESIGN MANIPULATION ROBOT SYSTEMS

A. Borisovskiy

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av., 14

E-mail: artur.borysovskiy@nure.ua

Abstract: For the task of automating the design of the manipulation robot in the framework of the aggregative-decomposition approach, the division of the original problem into a set of simpler subtasks was performed. For the iterative scheme of design technology, the components of the decision support system for the selection of a sensor system for manipulating a set of functional and cost indicators have been developed.

Key words: Sensor System, Robot Manipulator, Arduino, Sensors.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. В наш час роботи знаходять все більш широке застосування в різних сферах людської діяльності від виробництва і військової сфери до медицини і сфери побуту [1]. Для виконання монотонних високоточних робіт, операцій в небезпечних умовах все частіше використовують маніпуляційні роботи, які реалізують функції, аналогічні функціям людської руки. На практиці маніпулятори можуть бути не тільки самостійними пристроями, але і бути у складі складних роботизованих комплексів. Процеси системного проєктування засобів робототехніки мають певні особливості. Зокрема у процесі розробки технічних вимог до засобів робототехніки і подальшого аналізу шляхів їх реалізації необхідно системно досліджувати їх взаємодію з іншим спільно працюючим технологічним обладнанням, а також з об'єктами маніпулювання. Це дозволяє виявляти можливості для спрощення вимог до робототехнічних засобів і тим самим отримати загальну техніко-економічну вигоду для всієї системи роботизованого устаткування [2]. Найбільш раціональним вважається системний підхід, в рамках якого все обладнання проєктується одночасно із робототехнічними засобами. Найчастіше це має місце при проєктуванні роботів, що виконують основні технологічні операції. Одночасно з тією ж метою необхідно досліджувати можливості створення так званої навколороботної оснастки та інших засобів упорядкування довкілля робота [3].

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Метою дослідження є розробка засобу підтримки прийняття рішень з вибору сенсорної системи для технології автоматизованого проєктування маніпуляційного робота. При виборі сенсорної системи необхідно розробити первинну систему з'єднання ультразвукових датчиків з тензодатчиками та резистивними датчиками тиску для покращеного розуміння схвату маніпулятора, для кращого відчуття управління, та передачі даних до керуючого роботом.

Основну частину інформаційно-вимірювальних систем роботів складають сенсорні системи, здатні формувати і видавати інформацію про стан об'єктів, навколишнього середовища і про сам робот. В основу розробки покладено платформу Arduino Uno. Arduino Uno – це пристрій на основі мікроконтролера ATmega328. До його складу входить все необхідне для зручної роботи з мікроконтролером: 14 цифрових входів/виходів (з них 6 можуть використовуватися як ШІМ-виходи), 6 аналогових входів, кварцовий резонатор на 16 МГц, роз'єм USB, роз'єм живлення, роз'єм для внутрішньосхемного програмування (ICSP) та кнопка скидання. Для початку роботи з пристроєм досить просто подати живлення від AC/DC-адаптера або батарейки, або підключити його до комп'ютера за допомогою кабелю USB.

Для експериментування з сенсорною системою робота-маніпулятора обрано макет на основі військового робота-сапера MARCbot (рис. 1).

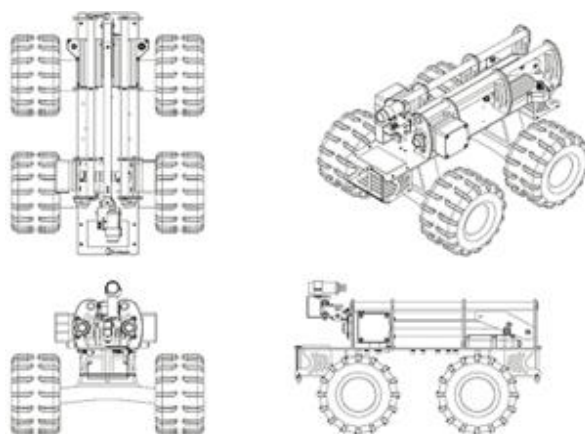


Рисунок 1 – Макет розроблюваного робота

У якості чутливого елемента розроблюваної системи обрано тензодатчик, який перетворює величину деформації на зручний для вимірювання сигнал, основний компонент тензометра (приладу для вимірювання деформацій). Серед електронних тензодатчиків найбільшого поширення набули тензорезистивні датчики. При цьому в залежності від конструкції вимірювального вузла можуть використовуватися на стиск або розтягування. Завдяки тензодатчикам, при стисканні об'єкта пензлем захоплення робота-маніпулятора, тензодатчиком зможе передавати інформацію та силі стиснення, це особливо допоможе з крихкими або вибухонебезпечними речовинами.

Схема підключення тензорезистивного датчика до Arduino UNO подана на рис. 2.

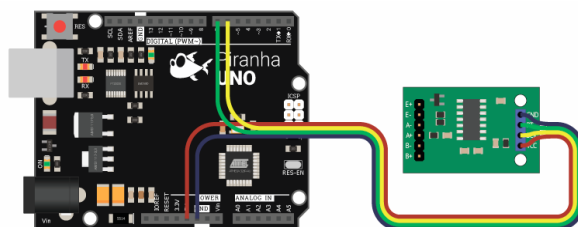


Рисунок 2 – Схема підключення тензорезистивного датчика до Arduino UNO

Після аналізу процесів взаємодії робота з зовнішнім середовищем та формування технічних вимог до робота та об'єктів цього середовища пропонується переходити до проектування власне робота. Процес проектування пропонується реалізувати в рамках агрегативно-декомпозиційного підходу, який передбачає розпаралелювання складної задачі проектування на множину з N більш простих підзадач (рис. 3).

Для встановлення і формалізації взаємозв'язків задач системного проектування робота кожену з моделей задач пропонується подавати у такому вигляді:

$$ModTask_i : \{ InDat_{iE}, InDat_{iI}, Res_i \} \rightarrow DesDec_i, i = \overline{1, N}, \quad (1)$$

де для i -ї задачі: $ModTask_i$ – модель; $InDat_{iE}$ – множина формалізованих зовнішніх (відносно комплексу задач проектування) вхідних даних; $InDat_{iI}$ – множина формалізованих внутрішніх (відносно комплексу задач проектування) вхідних даних; Res_i – множина формалізованих обмежень задач; $DesDec_i$ – проектне рішення.

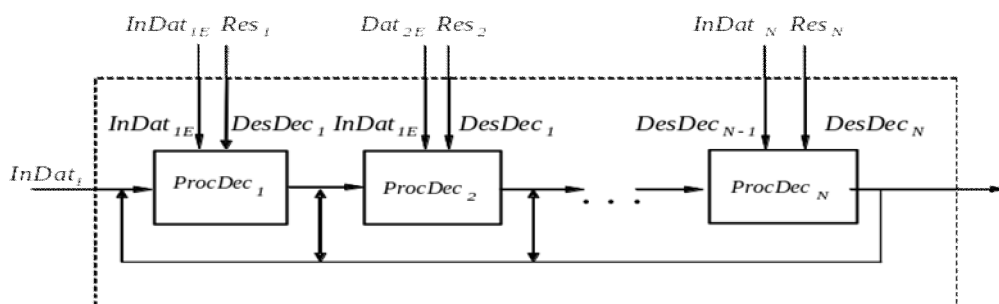


Рисунок 3 – Ітераційна схема технології проектування маніпуляційного робота

Однією з важливих є задача проектування сенсорної системи, яка служить для отримання інформації про робота та його фізичне оточення [4]. Існує множина різних реалізацій функцій сенсорної системи: від датчиків механічних величин (лінійних, кутових переміщень, відстані, прискорення, сил і моментів) до систем технічного зору, вимірювачів температури, струму та напруги, інтенсивності світлового потоку, радіоактивних та магнітних полів, акустичних сенсорів, детекторів води та газоаналізаторів та інших. Причому всі вони працюють на різних фізичних принципах, що визначають і діапазон умов, в яких може бути забезпечена необхідна якість вимірів.

Для маніпуляційних роботів, які повинні функціонально імітувати рухи рук, на перший план виходить фактор кінестетичного сприйняття, яке дає проприоцептивну інформацію, тобто почуття положення, руху і сили. Виходячи з цього, потрібні датчики, які дозволяють визначити поточну конфігурацію і швидкості окремих частин робота, а також тактильні і силомоментні сенсори.

Вибір датчиків здійснюється з врахуванням множини різномірних показників, які в процесі проектування розглядаються як локальні критерії $k_j(d)$, $j = \overline{1, m}$, $d \in D$ (де d – тип датчика; m – кількість локальних критеріїв; $D = \{d\}$ – множина допустимих типів датчиків для створюваної сенсорної системи. В якості основних локальних критеріїв, що визначатимуть властивості сенсорної системи, пропонується обрати такі характеристики датчика: точність, надійність, вартість.

Вибір найкращого датчика сенсорної системи зводиться до пошуку аргументу, що максимізує значення функції узагальненої корисності:

$$d^o = \arg \max_{d \in D} P(d). \quad (2)$$

Значення функції узагальненої корисності датчика сенсорної системи обчислюється за співвідношеннями [5–6]:

$$P(d) = \sum_{i=1}^m \lambda_j \bar{k}_j(d), \quad \bar{k}_j(d) = \frac{k_j(d) - k_j^-}{k_j^+ - k_j^-}, \quad j = \overline{1, m}, \quad (3)$$

де λ_j – ваговий коефіцієнт j -го локального критерію, $\lambda_j \geq 0$, $\sum_{i=1}^m \lambda_j = 1$; $\bar{k}_j(d)$ – нормоване значення j -го локального критерію; $k_j(d)$ – фактичне значення j -го локального критерію; $k_j^-(d)$, $k_j^+(d)$ – найгірше та найкраще серед фактичних значень j -го локального критерію.

У проєкті запропоновано ультразвуковий датчик для виявлення і визначення відстані до об'єкта, а також контролю руху. Передавач випромінює звукові коливання, які «прошивають» простір, і, зустрічаючись з твердими предметами, відбиваються від нього і потрапляють у приймач датчика (рис. 4).



Рисунок 4 – Схема роботи ультразвукового датчика

Незалежно від будови ультразвукові датчики відмінно підходять для виявлення об'єктів і визначення відстані до них, розрахунку рівня рідин і сипучих матеріалів. Вони здатні виконувати ці завдання навіть у повній темряві незалежно від температури та вологості повітря, його задимленості та ступеня забруднення пилом.

ВИСНОВКИ. Для задачі автоматизації проєктування маніпуляційного робота в рамках агрегативно-декомпозиційного підходу було виконано розбиття вихідної задачі на множину з N більш простих підзадач. З метою агрегації підзадач обрано ітераційну схему технології проєктування, яка дозволяє отримувати вхідні дані за результатами розв'язання попередніх підзадач. Для неї розроблено компоненти системи підтримки рішень з вибору сенсорної системи маніпуляційного за множиною функціональних і вартісних показників. Практичне використання розроблених засобів дозволить обирати варіант побудови з урахування комплексу показників з підмножини ефективних.

ЛІТЕРАТУРА

1. Букарев Р. Основы робототехники. – СПб.: БХВ–Петербург, 2010.
2. Юревич Е. И. Основы проектирования техники. URL: http://window.edu.ru/app.php/catalog/pdf2txt/926/69926/59660?p_page=8 (дата звернення: 15.10.2021).
3. Корендясев А. И., Саламендра Б. Л., Тивес Л. И. Теоретические основы робототехники. М.: Наука, 2006.
4. Юревич Е. И. Сенсорные системы в робототехнике. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013.
5. Beskorovainyi V. V., Petryshyn L. B., Shevchenko O. Yu. Specific subset effective option in technology design decisions // Applied Aspects of Information Technology. 2020. Vol. 3. No.1. PP. 443-455. URL: <https://aait.opu.ua/?fetch=articles&with=info&id=40> (дата звернення: 24.10.2021).
6. Beskorovainyi V. Combined method of ranking options in project decision support systems. Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries. 2020. No. 4 (14). PP. 13-20. URL: <https://itssi-journal.com/index.php/itssi/article/view/230> (дата звернення: 18.09.2021).

Науковий керівник: Безкоровайний Володимир Валентинович, професор, д.т.н., професор кафедри КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки.

ІНДУСТРІЯ 5.0 АБО СУСПІЛЬСТВО 5.0 – ВІКНО МОЖЛИВОСТЕЙ РОЛІ ПРОМИСЛОВОСТІ У СУСПІЛЬСТВІ**Візір Ю. С.**

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр Науки 14

E-mail: yurii.vizir@nure.ua

Анотація: У статті представлено описано особливості індустрії 5.0 . Наведено основні характеристики, особливості роботи, переваги та недоліки.

Ключові слова: Індустрія 5.0

INDUSTRY 5.0 OR SOCIETY 5.0 – A WINDOW OF OPPORTUNITIES FOR THE ROLE OF INDUSTRY IN SOCIETY**U. Vizir**

Kharkiv National University of Radioelectronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av, 14

E-mail: yurii.vizir@nure.ua

Abstract: The article describes the features of Industry 5.0. The main characteristics, features of work, advantages and disadvantages are given.

Key words: Industry 5.0.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Криза, викликана поширенням Covid-19, висвітлила необхідність переосмислення існуючих методів та підходів до роботи. Автори Індустрії 5.0 вважають, що світ знаходиться у вирішальному моменті, коли частина «старого нормального» руйнується і виникає «нове нормальне». Цей перехід може стати вікном можливостей – активно формувати та оновлювати роль промисловості у суспільстві. Це вимагатиме попереджувального, цілеспрямованого підходу, переосмислення парадигм, що лежать в основі розуміння того, як функціонують суспільства, економіка та галузі.

Оновлена європейська Індустрія 5.0, за задумом розробників, має зробити галузі більш орієнтованими на майбутнє, стійкими та орієнтованими на людину

Нові ролі працівників галузі в Індустрії 5.0 кардинально змінюються У цьому випадку працівник розглядається не як «вартість», а як «інвестиційна» позиція в компанії, що дозволяє компанії та робітнику розвиватися.

Роботодавець прагне того, щоб його співробітники були зацікавлені у вкладенні у свої навички, здібності та благополуччя для досягнення цілей компанії. Цей підхід значно відрізняється від традиційного підходу до оцінки трудових витрат із фінансовими доходами: людський капітал більш шанований та цінується. Саме це і є головною передумовою для промисловості 5.0 – вона служить людям, а не навпаки.

У промисловому контексті це означає, що технологія, що застосовується у виробництві, адаптована до вимог та різноманітності робітників, замість того, щоб постійно змінюватись під запити та потреби робітників. Працівник повинен мати більше можливостей, а робоче середовище має бути більш інклюзивним. Для цього робітники повинні брати активну участь у розробці та впровадженні нових промислових технологій, включаючи робототехнічну.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. В основі концепції Індустрії 5.0 лежить визнання сили промисловості у досягненні соціальних цілей, що виходить за рамки створення та зростання кількості робочих місць, щоб стати стійким джерелом процвітання для виробництва, змушуючи виробництво поважати кордони нашої планети, та поміщаючи добробут працівника в межах наших кордонів. Однією з найважливіших парадигмальних переходів, що характеризують Індустрію 5.0, є зміщення акценту з технологічного прогресу

на абсолютно орієнтований на людину підхід. З урахуванням соціальних обмежень промислова індустрія має прагнути до того що ніхто з її учасників не відставав від неї. Це може мати низку наслідків, які стосуються безпеки та сприятливого робочого середовища, поваги до права на працю та вимог до кваліфікації працівників.

Ще один набір думок, який потрібен для індустрії 5.0, це рівень навичок Розвиток навичок відбувається так само швидко, як і технології На сьогоднішній день європейська промисловість переживає дефіцит кадрів, а освітні та навчальні заклади не можуть задовольнити цей попит. У цьому відношенні це стосується як рівня експертів, так і загальних вимог до цифрових навичок. А щодо пропозиції молодих людей, то вони не мають достатнього рівня підготовки, щоб стати повноцінними працівниками на ринку праці.

Виходом із цієї невідповідності навичок може бути нова технологія. У цій технології можна зробити більш комфортним використання техніки, оскільки вона буде зрозуміла та зручна для працівника. Крім цього, навчання можна проводити паралельно з цією технологією, тим самим забезпечивши, що наявні навички краще відповідають вимогам до навичок у галузі.

І тут важливо наголосити на тому факті, що не існує можливості підвищення кваліфікації кожного окремого працівника в галузі. Зі зростанням автоматизації багато вмінь може бути втрачено і розвиватися далі буде складно Важливо сприяти зміні кваліфікації деяких робітників, тобто перевести їх на вищу кваліфікацію. Найчастіше це стосується цифрових навичок, яких не було у навчальній програмі в той час, коли працівники закінчили своє навчання та професійну підготовку. Насамперед це стосується цифрових навичок, які мають бути у кожної людини

В даний час все більш актуальною проблемою для компаній стає залучення та утримання кваліфікованої робочої сили.

Найважче знайти роботу, де потрібні навички цифрових та/або мультидисципліни Ймовірно, наймолодша частина робочої сили, швидше за все, має необхідний набір навичок: покоління «Y» та «Z» вирости в епоху цифровізації, вони навіть іноді називають «цифровими аборигенами». При цьому 75% робочої сили до 2025 р. складуть представники етнічної групи «міленіали» – люди, що народилися в період від 1985 по 1995 р. Вони мають переконливі докази того, що їх перевага, орієнтація та мотивація істотно відрізняються від попередніх поколінь. Частіше, ніж попередні покоління, вони керуються соціальним ідеалом, а не стабільнішою посадою або вищою зарплатою.

За результатами дослідження Cone Communication (2016), 75% мільйонів погодилися б скоротити заробітну плату для того, щоб працювати в соціально відповідальній організації, а 76% мільйонів розглядали б соціальні та екологічні зобов'язання компанії перед тим, як прийняти рішення (не) працювати там Згідно з звітом компанії PricewaterhouseCooper «Міленіали за роботою – зміни робочого місця», в якому йдеться про те, що корпоративні соціальні цінності стають все більш значущими для людей, коли вони задовольняють свої основні потреби, такі як адекватна зарплата та умови праці. Зі звіту випливає – "міленіали хочуть, щоб їхня робота була спрямована на те, щоб зробити світ кращим.

Однак технології не гальмуватимуться, швидше за все вони розвиватимуться ще швидше та інтенсивніше з роками. На думку співробітників підприємств, використання технологій дозволить їм виграти зрештою. В індустрії 5.0 з'явиться середовище для спільної роботи, яка впливатиме на ефективність та результативність у більшості аспектів виробництва. Найбільш важливим елементом індустрії 5.0 стане інтерфейс людина-машина Роботи будуть навчатися у людей, і люди отримають вигоду від роботів, які виконують завдання, які люди не можуть або просто не хочуть виконувати в рамках виробничих операцій

ВИСНОВКИ. Як правило, капіталізація підприємства, проникнення ринку, прибуток й інші економічні показники не відбивають ні точний стан справ у галузі, ні загальні перспективи її конкурентоспроможності. Наприклад, прибутковість може бути заснована на використанні невідновних ресурсів, на вже існуючому сильному бренді або на ефективних

умовах ринку. Проект Індустрії 5.0 сприяє підвищенню економічних показників галузей при повазі інтересів та потреб працівників, а також забезпечення екологічної стійкості. З цієї точки зору вона є привабливою не тільки для підприємців, але також для потенційних інвесторів та споживачів, які зможуть отримати вигоду від більш конкурентоспроможних у найширшому значенні цього слова продуктів. За даними дослідження, енергоємні галузі включені до низки стратегічних ланцюжків створення вартості, на які припадає понад чверть енергоспоживання промисловості ЄС та майже 8% викидів до ЄС.

Це означає, що переслідувана нейтральність кліматичних умов та неминучі коливання цін на енергоресурси непропорційно впливають на її вартість. Забезпечення стійкості та скорочення витрат – це сучасні політичні умови, які диктують необхідність переходу до енергоносіїв із збереженням конкурентоспроможності на глобальному ринку за умов сучасних політичних реалій.

На першому місці у списку пріоритетів для співробітників виробництва стоятимуть принципи саморозвитку та самонавчання Корпоративні культури будуватимуться на основі підтримки освіти, розвитку творчого та нешаблонного мислення персоналу, який працює з роботами Для того, щоб прискорити цей процес, роботи підштовхуватимуть і доповнюватимуть цей нескінченний процес розвитку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Невлюдов І. Ш. Трансфер технологій у сучасній науці, освіті та виробництві в умовах четвертої промислової революції «ІНДУСТРІЯ 4.0» / Невлюдов І. Ш., Чала О. О., Олександров Ю. М. // Сучасний рух науки: тези доп. VIII міжнародної науковопрактичної інтернет-конференції, 3-4 жовтня 2019 р. Дніпро, 2019. Т.2 С.: 604-608
2. Тарасов І. В. Індустрія 4. 0: поняття, концепції, тенденції розвитку // Стратегії бізнеса. 2018. №. 6 (50).
3. Евгеньев Г. Б. Індустрія 5. 0 как интеграция Интернета знаний и Интернета вещей // Онтология проектирования. 2019. Т. 9. №. 1 (31).
4. Невлюдов, І.Ш. Людино-машинний інтерфейс в технічних засобах автоматизації: Навчальний посібник [Текст] / І.Ш Невлюдов, О.І. Филипенко, Б.О. Шостак. – Харків: «ХТМТ», 2019. – 244 с.
5. Черепанов Н. В. Принципы и подходы применения Индустрии 5. 0 на предприятии // Инновации и инвестиции. 2019. №. 9. С. 144–147.
6. Невлюдов І.Ш., Демська Н.П., Чала О.О., Демська А.І. Групове управління гнучкими виробничими системами у виготовленні МЕМС виробів. Міжнародна науково-практична конференція «Математичне моделювання процесів в економіці та управлінні проектами і програмами (ММП-2018)», Коблево, 10-14 вересня 2018 р. Харків: ХНУРЕ, 2018. С. 101 -103
7. Bortnikova, V., Nevliudov, I., Botsman, I., & Chala, O. (2019, June). Search Query Classification Using Machine Learning for Information Retrieval Systems in Intelligent Manufacturing. In ICTERI (pp. 460-465).
8. Тарасов В. Б. Гибридный интеллект и коллаборативная робототехника: расширенный партнерский интерфейс в системах «Человек-Робот» // Мягкие измерения и вычисления. 2020. Т. 29. №. 4. С. 45-67.
9. Азиева Р. Х., Таймасханов Х. Э. Модернизация нефтегазовой отрасли в стиле Индустрии 5.0 // Финансовый бизнес. 2021. №. 2. С. 82-86.
10. Долонина Е. А. Развитие цифровых инструментов управления микроэкономическими системами // Проблемы развития современного общества. 2021. С. 131–133.

Науковий керівник: Чала Олена Олександрівна, к.т.н., доцент кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки

ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ КОДУ ХЕММІНГА ПРИ УПРАВЛІННІ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Візір Ю. С., Дерев'янка І. І.

Харківський національний університет радіо – електроніки

Україна, 61166, Харків, пр Науки 14

E-mail: yurii.vizir@nure.ua, iryna.derevianko@nure.ua

Анотація: У статті представлено описано особливості передачі інформації з використанням коду Хеммінга . Наведено їхні основні характеристики, особливості роботи, переваги та недоліки.

Ключові слова: передача інформації, код Хеммінга.

FEATURES OF TRANSMISSION OF INFORMATION USING THE HEMMING CODE IN THE MANAGEMENT OF TECHNOLOGICAL PROCESSES

U. Vizir, I. Derevianko

Kharkiv National University of Radioelectronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av, 14

E-mail: yurii.vizir@nure.ua, iryna.derevianko@nure.ua

Abstract: The article describes the features of information transfer using the Hamming code. Their main characteristics, features of work, advantages and disadvantages are given.

Key words: information transfer, Hamming code.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ Коди Хеммінга – перші з самоконтролюючих і самокорегуючих кодів. Саме використання цих кодів може вирішити проблему виправлення окремих помилок і знаходження подвійних. (на практиці це рішення використовується для серверів, які повинні мати підвищену надійність) [1].

Так, необхідно зазначити, що коди Хеммінга використовуються в деяких прикладних програмах в області зберігання даних, особливо RAID 2; крім того, метод Хеммінга може бути застосовано в пам'яті типу ECC і дозволяє "на льоту" виправляти одноразові та виявляти дворазові помилки.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Систематичні коди утворюють велику групу з блочних, розщеплюваних кодів (таких, в яких всі символи можна розрізнити на перевірені і інформаційні). Особливість систематичних кодів полягає в тому, що перевірені символи утворюються в результаті лінійних операцій над інформаційними символами. Крім того, будь-яка дозволена кодова комбінація може бути заповнена за допомогою лінійних операцій над набором лінійних незалежних кодових комбінацій.

Коди, що самоконтролюються, дають змогу автоматично виявляти найімовірніші помилки під час передачі даних. Для їх побудови досить приписати до кожного слова один додатковий (контрольний) двійковий розряд і вибрати цифру цього розряду так, щоб загальна кількість одиниць в зображенні будь-якого числа була, наприклад, парною. Одиночна помилка в довільному розряді переданого слова (зокрема, можливо, і в контрольному розряді) змінить парність загальної кількості одиниць. Лічильники по модулю 2, що підраховують кількість одиниць, які містяться серед двійкових цифр числа, можуть давати сигнал про наявність помилок. При цьому, розробник не отримує ніяких вказівок про те, в якому саме розряді відбулася помилка, і, отже, не має можливості виправити її. Залишаються непоміченими також помилки, які виникають одночасно в двох, в чотирьох або взагалі в парній кількості розрядів. Утім, подвійні, а тим більше чотирикратні помилки вважаються малоімовірними [2–4].

Припустимо, що маємо множину всіх двійкових слів довжини t . Ці слова передаються по каналу зв'язку, в якому діє джерело перешкод. Це джерело перешкод під час передачі двійкового слова довжини t може видавати помилки не більше ніж у p символах. Це означає, що двійкова послідовність, отримана на виході каналу, відрізняється від початкової не більше ніж у p позиціях.

Очевидно, що якщо початкове слово передавати без попереднього кодування, то відновити на виході дійсне повідомлення практично неможливо. Тому виникає завдання побудови за початковим, будь-яким словом $ala2...am$ його коду $b1b2...bl$ ($l > m$), що самокорегується і дає змогу за отриманим на виході каналу кодом $b'1b'2...b'l$ однозначно відновити передаваний код $b1b2...bl$, а отже і початкове повідомлення $ala2...am$.

Під час передавання коду $b1b2...bl$ по каналу зв'язку код, можливо, спотворився, а отже, на виході каналу буде слово $b'1b'2...b'l$, яке в загальному випадку відрізняється від $b1b2...bl$ не більше ніж у p позиціях.

Коди, що мають такі властивості, називають стійкими до перешкод кодами (кодами, що самокорегуються), або кодами, що виправляють p помилок.

Маючи $m+k$ розрядів, стійких до перешкод код для $p=1$ необхідно виконати наступні дії.

Присвоїти кожному з розрядів номер – від 1 до $m+k$; записати ці номери у двійковій системі числення. Оскільки $2k > m+k$, то кожен номер можна представити, очевидно, k -розрядним двійковим числом.

Нехай, усі $m+k$ розрядів коду розбиті на контрольні групи, які частково перекриваються, причому так, що одиниці у двійковому представленні номера розряду указують на його приналежність до певних контрольних груп. Наприклад: розряд № 5 належить до 1-ї і 3-ї контрольних груп, тому що у двійковому представленні його номера $5 = \dots 000101$ – 1-й і 3-й розряди містять одиниці.

Серед $m+k$ розрядів коду при цьому є k розрядів, кожен із яких належить тільки до однієї контрольної групи:

Розряд № 1: $110 = 0000012$ належить тільки до 1-ї контрольної групи.

Розряд № 2: $210 = 0000102$ належить тільки до 2-ї контрольної групи.

Розряд № 4: $410 = 0001002$ належить тільки до 3-ї контрольної групи.

Розряд № $2k-1$ належить тільки до k -ї контрольній групі.

Ці k розрядів ми і вважатимемо контрольними. Інші m розрядів, кожен із яких належить принаймні до двох контрольних груп, будуть інформаційними розрядами.

У кожній із k контрольних груп матимемо по одному контрольному розряду. У кожен із контрольних розрядів помістимо таку цифру (0 або 1), щоб загальна кількість одиниць у його контрольній групі була парною.

Наприклад, розглянемо код Хеммінга при $m=7$ і $k=4$.

Кодування з використанням кодів Хеммінга 0110101 (табл. 1).

Таблиця 1 – Кодування з використанням кодів Хеммінга

№ розряду:	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011
Розподіл контрольних і інформаційних розрядів	p_1	p_2	d_1	p_3	d_2	d_3	d_4	p_4	d_5	d_6	d_7
Інформаційне кодове слово			0		1	1	0		1	0	1
L_0	1		0		1		0		1		1
L_1		0	0			1	0			0	1
L_2				0	1	1	0				
L_3								0	1	0	1
Кодове слово з контрольними розрядами	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1

Нехай, початкове слово (кодове слово без контрольних розрядів) – 01101012.

Позначимо p_i – контрольний розряд № i , а d_i – інформаційний розряд № i , де $i = 1, 2, 3, 4...$

Припустимо, що під час передавання даного кодового слова 10001100101 відбулася помилка в 11-му символі, так, що було прийнято нове кодове слово 10001100100 . Провівши в прийнятому коді перевірку парності всередині контрольних груп, ми виявимо, що кількість одиниць непарна в 1-й, 2-й і 4-й контрольних групах, і парна в 3-й контрольній групі. Це указує, по-перше, на наявність помилки, по-друге, значить, що номер помилково прийнятого символу у двійковому представленні містить одиниці на першій, другій і четвертій позиціях і нуль – на третій позиції, тому помилка тільки одна, і 3-тя контрольна сума виявилася правильною (табл. 2).

Таблиця 2 – Перевірка помилки в коді Хеммінга

№ розряду:	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	Контроль парності в групі	Контрольний біт
Розподіл контрольних і інформаційних розрядів	p_1	p_2	d_1	p_3	d_2	d_3	d_4	p_4	d_5	d_6	d_7		
Передане кодове слово	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1		
Прийняте кодове слово	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0		
L_0	1		0		1		0		1		0	Fail	1
L_1		0	0			1	0			0	0	Fail	1
L_2				0	1	1	0					Pass	0
L_3								0	1	0	0	Fail	1
		L_3	L_2	L_1	L_0								
У двійковому представленні	1	0	1	1									
У десятковому представленні	8		2	1	11								

З таблиці видно, що помилка відбулася в 11-му символі і її можна виправити. Вважатимемо, що в каналі зв'язку при передачі повідомлення може відбутися не більш ніж одна помилка. Це означає, що якщо початкове повідомлення $a_1a_2\dots a_m$ кодується набором $b_1b_2\dots b_l$ ($l = m + k$), то на виході можливі наступні варіанти кода:

$$\{b_{i_1}b_{i_2}\dots b_{i_l}; \bar{b}_{i_1}b_{i_2}\dots b_{i_l}; \dots; b_{i_1}b_{i_2}\dots \bar{b}_{i_l}\} \quad \{b_{i_1}b_{i_2}\dots b_{i_l}; \bar{b}_{i_1}b_{i_2}\dots b_{i_l}; \dots; b_{i_1}b_{i_2}\dots \bar{b}_{i_l}\}$$

Таким чином, число варіантів рівне $l+1$. Це пояснюється тим, що помилка може не відбутися, або вона відбудеться в одному з l розрядів і символ b_i заміниться на протилежний. Число додаткових розрядів для побудови коду Хеммінга потрібно вибрати так, щоб їх вистачило для кодування перерахованих $l+1$ випадків. Отже, необхідно, щоб $2k \geq l + 1$ або $2m \leq 2l / (l + 1)$.

Тому, знаючи m , l вибираємо як найменше ціле число, що задовольняє умову: $2m \leq 2l / (l + 1)$.

Число l називається довжиною коду Хеммінга. Число m – число інформаційних символів. Враховуючи, що $l=m+k$, можна вибирати не l , а число k , яке називається числом контрольних символів і є найменшим цілим числом, що задовольняє умові: $2k \geq k+m+1$.

Наприклад,

якщо $m=4$, то $l=7$, $k=3$

якщо $m=9$, то $l=13$, $k=4$

Таким чином, при побудові коду Хеммінга, перше, що потрібно зробити: це по числу t визначити числа k і l .

Нехай для повідомлення $a=a_1a_2\dots a_m$ довжини m необхідно побудувати код Хеммінга. Візьмемо $m=9$; початкове повідомлення: $a=101110111=a_1a_2a_3a_4a_5a_6a_7a_8a_9$.

Тоді $l=13$, $k=4$; код Хеммінга $b = b_1b_2b_3b_4b_5b_6b_7b_8b_9b_{10}b_{11}b_{12}b_{13}$.

Крок 1. Представимо кожне число i з множини $L=\{1,2,\dots,l\}$ у вигляді k -розрядного двійкового числа $w=V_k-1V_{k-2}\dots V_1V_0$.

Крок 2. Розіб'ємо множину L на k підмножин таким чином:

$$L_0 = \{i \in L : V_0 = 1\}; L_0 = \{1, 3, 5, 7, 9, 11, 13\},$$

$L_1 = \{i \in L_1 : V_1 = 1\}; L_1 = \{2, 3, 6, 7, 10, 11\},$
 $L_2 = \{i \in L_2 : V_2 = 1\}; L_2 = \{4, 5, 6, 7, 12, 13\},$
 $L_3 = \{i \in L_3 : V_3 = 1\}; L_3 = \{8, 9, 10, 11, 12, 13\}.$

Крок 3. Перші елементи (їх рівно k) цих множин є степенем числа 2; вони визначають номери контрольних розрядів коду Хеммінга. Решта елементів множини L визначають номери інформаційних розрядів. Отже, в коді Хеммінга розряди $b_1b_2b_4b_8$ – контрольні, решта розрядів $b_3b_5b_6b_7b_9b_{10}b_{11}b_{12}b_{13}$ – інформаційні.

Крок 4. Формування значень інформаційних символів. Інформаційні символи коду Хеммінга формуються природним чином з символів початкового повідомлення $a_1a_2\dots a_m$. А саме: $b_3=a_1, b_5=a_2, b_6=a_3, b_7=a_4, b_9=a_5, b_{10}=a_6, b_{11}=a_7, b_{12}=a_8, b_{13}=a_9$.

Оскільки початкове повідомлення $a = 101110111$, то $b_3=1, b_5=0, b_6=1, b_7=1, b_9=1, b_{10}=0, b_{11}=1, b_{12}=1, b_{13}=1$.

Крок 5. Формування значень контрольних символів.

Після визначення інформаційних символів контрольні символи визначаються таким чином:

$$b_1 = \oplus \sum b_j; j \in L_0; j \neq 1$$

$$b_2 = \oplus \sum b_j; j \in L_1; j \neq 2$$

$$b_4 = \oplus \sum b_j; j \in L_2; j \neq 4$$

$$b_8 = \oplus \sum b_j; j \in L_3; j \neq 8.$$

$\oplus \sum$ – сума по модулю два, b_j – розряди, що мають номери з відповідної множини L_j . У розглянутому прикладі матимемо:

$$b_1 = b_3 \oplus b_5 \oplus b_7 \oplus b_9 \oplus b_{11} \oplus b_{13} = 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 1 = 1$$

$$b_2 = b_3 \oplus b_6 \oplus b_7 \oplus b_{10} \oplus b_{11} = 1 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 1 = 0$$

$$b_4 = b_5 \oplus b_6 \oplus b_7 \oplus b_{12} \oplus b_{13} = 0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 1 = 0$$

$$b_8 = b_9 \oplus b_{10} \oplus b_{11} \oplus b_{12} \oplus b_{13} = 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 1 = 0$$

Крок 6. Остаточо, для повідомлення $a=101110111$ код Хеммінга b буде наступним: $b=b_1b_2b_3b_4b_5b_6b_7b_8b_9b_{10}b_{11}b_{12}b_{13}=1010011010111$.

Таким чином можна побудувати код Хеммінга для довільного повідомлення довжиною m .

ВИСНОВКИ Коди Хеммінга застосовуються в управлінні технологічними процесами для передачі даних, в тих випадках, там, де вимоги до достовірності даних високі, а з урахуванням схеми пристрою в ньому найімовірніше саме одиночна і рідко подвійна помилка. Для впевненого виявлення пакетів помилок, а тим більше для їх виправлення потрібні коди з ще більшою здатністю, що коригує, а, отже, і з більшою надмірністю.

Також, бездротові з'єднання, в яких може виникати безліч помилок, частіше використовують коди з надмірністю, достатньою для того, щоб приймач міг визначити, які дані повинні були прийти. Це надійніше, ніж покладатися на повторну передачу, яка також, можливо, не зможе пройти без помилок. Вирішенням таких проблем, як варіант, може стати передача інформації з використанням коду Хеммінга при управлінні технологічними процесами

ЛІТЕРАТУРА

1. Невлюдов І. Ш. Трансфер технологій у сучасній науці, освіті та виробництві в умовах четвертої промислової революції «ІНДУСТРИЯ 4.0» / Невлюдов І. Ш., Чала О. О., Олександров Ю. М. // Сучасний рух науки: тези доп. VIII міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 3-4 жовтня 2019 р. Дніпро, 2019. Т.2 С.: 604–608
2. Невлюдов, І.Ш. Людино-машинний інтерфейс в технічних засобах автоматизації: Навчальний посібник [Текст] / І.Ш Невлюдов, О.І. Филипенко, Б.О. Шостак. – Харків: «ХТМТ», 2019. – 244 с.
3. Невлюдов І.Ш., Демська Н.П., Чала О.О., Демська А.І. Групове управління гнучкими виробничими системами у виготовленні МЕМС виробів. Міжнародна науково-практична конференція «Математичне моделювання процесів в економіці та управлінні проектами і програмами (ММП-2018)», Коблево, 10-14 вересня 2018 р. Харків: ХНУРЕ, 2018. С. 101–103

4. Bortnikova, V., Nevliudov, I., Botsman, I., & Chala, O. (2019, June). Search Query Classification Using Machine Learning for Information Retrieval Systems in Intelligent Manufacturing. In ICTERI (pp. 460–465).

Науковий керівник: Чала Олена Олександрівна, к.т.н., доцент кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки

УДК 621.317.082.5

СПОСІБ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ОПТИЧНОГО ВОЛОКНА СКЛАДНОЇ ФОРМИ ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРІЗУ В ПРОЦЕСІ ВИТЯЖКИ

М. Г. Гарадян

Харківський національний університет
радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: mikaiel.harakian@nure.ua

Анотація: Запропоновано спосіб оцінки конструктивно-технологічних параметрів волокон зі складною структурою поперечного перерізу в процесі витяжки, заснований на оптичному методі неруйнівного контролю за принципом методу фокусування.

Проведено експериментальні дослідження запропонованого способу на зразках мікроструктурованого оптичного волокна з одношаровою структурою повітряних отворів.

Ключові слова: мікроструктуроване волокно, метод фокусування, інтегральний показник, дефекти структури.

METHOD OF QUALITY ESTIMATING THE OPTICAL FIBER WITH COMPLICATED CROSS-SECTIONAL SHAPE IN THE DRAWING PROCESS

M. Harakian

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av.,14

E-mail: mikaiel.harakian@nure.ua

Annotation: A method of estimates design and technological parameters of fibers with a complex structure of cross section in the drawing process are provides. The method is based on an optical method of nondestructive testing and built on the principle focusing method.

Samples of microstructured optical fibers with a single-layer structure of the air holes was experimentally investigated using the developed method control.

Keywords: TCP session, the dynamic model, stability, optimization, AQM-algorithm.

Протягом кількох останніх років більшість наукових груп активно удосконалювали методи моделювання нових оптичних волокон з метою отримання унікальних властивостей та якостей. При цьому аналіз та моделювання найнесподіваніших структур поперечного перерізу волокна призводили до появи чудових властивостей, властивих конкретному конструктивному рішенню. Так з'явилися оптичні волокна (ОВ) зі складною формою та структурою поперечного перерізу: фотонно-кристалічні або мікроструктуровані волокна, бреггівські волокна і т.д.

Мікроструктуровані оптичні волокна (МОВ) мають дуже складну структуру у поперечному перерізі, утворену регулярним або нерегулярним розташуванням повітряних отворів, паралельних осі волокна, і мають безліч унікальних властивостей, таких як можливість регулювання дисперсії та нелінійності, можливість отримання великих значень цих величин і можливість створення одномодового режиму для широкого інтервалу довжин хвиль.

Основною причиною низького рівня відповідності отриманих експлуатаційних характеристик МОВ розрахунковим є відсутність контролю конструктивно-технологічних параметрів структури перерізу волокна на стадії витягування із заготовки. Принцип дотримання зовнішнього діаметра МОВ у допустимих межах, що використовується при витягуванні ОВ, не запобігає утворенню дефектів структури МОВ. Як встановлено, найважливішою особливістю процесу перетяжки заготівлі у світловод є відсутність технічних елементів, що формують геометричні параметри волокна, тому їх варіації визначаються конструктивними характеристиками установки для витяжки (витяжної вежі) світловодів та системою управління установкою.

До теперішнього часу управління процесом витягування здійснюється лише за критерієм стабілізації зовнішнього діаметра витягнутого волокна. Запропоновано процес управління параметрами процесу витяжки здійснювати на основі аналізу конструктивно-технологічних параметрів МОВ.

Процес управління витягуванням оптичного волокна складної структури поперечного перерізу, інтерес до яких виник через їх унікальні експлуатаційні властивості, в даний час заснований лише на контролі зовнішнього діаметра волокна і управлінні температурою в печі витяжної вежі та швидкістю приймального пристрою. Удосконалення методів та засобів контролю технологічних параметрів у системі управління витягуванням волокон даного виду безсумнівно є актуальною задачею, вирішення якої підвищить якість існуючої технології витяжки [1–3].

ОГЛЯД МОЖЛИВИХ СТРУКТУР ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРІЗУ МОВ ТА ДЕФЕКТІВ. Існує безліч змодельованих та реалізованих варіантів структур МОВ (рис. 1–2), кожна з яких має свої, властиві тільки їй, оптичні характеристики та властивості.

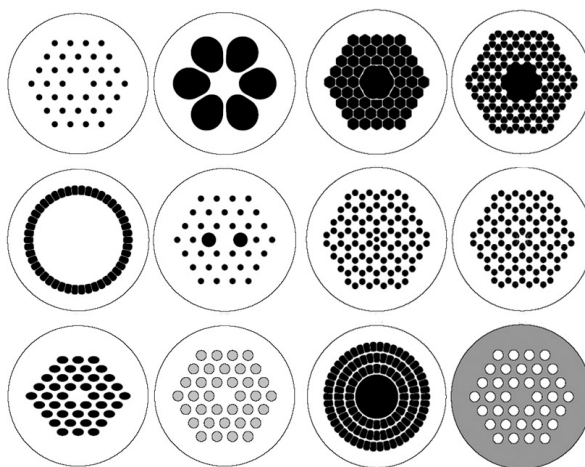


Рисунок 1 – Геометричні моделі перерізу структур МОВ

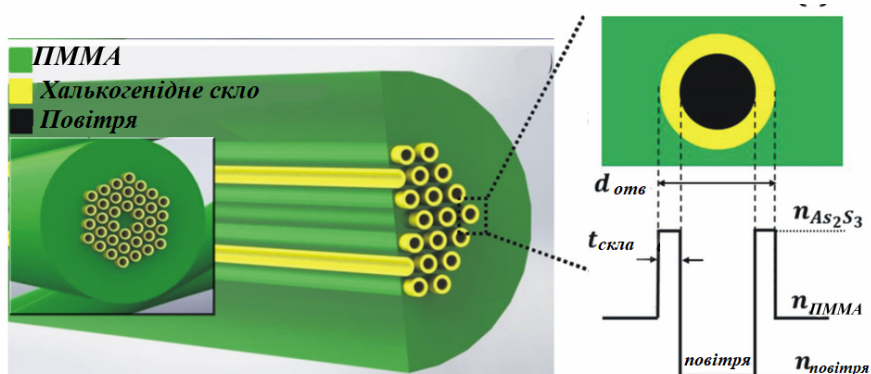


Рисунок 2 – Гібридне полімерне мікроструктуроване волокно [2]

Для вирішення задачі контролю формоутворення МОВ необхідно визначити можливі дефекти, що виникають у процесі витягування.

Зазначимо можливі стани структури, що виникають на стадії витягування МОВ:

- бездефектний стан структури перерізу (рис. 3, а);
- частковий або повний колапс повітряних отворів структури (рис. 3, б);
- часткове або повне руйнування структури з утворенням порожнин (рис. 3, в).

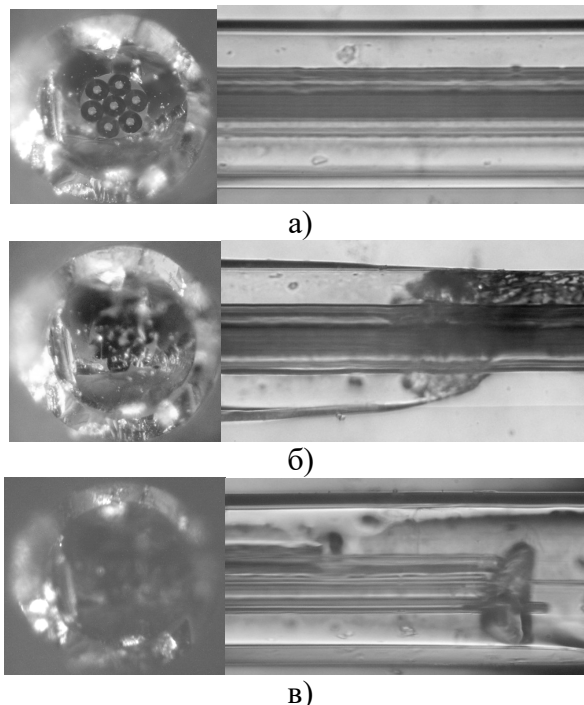


Рисунок 3 – Види дефектів мікроснімки торця волокна та результатів поздовжнього зондування: нормальний переріз (а), руйнування (б) та колапс (в)

СПОСІБ ОЦІНКИ КОНСТРУКТИВНО-ГЕОМЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРЕРІЗУ ОВ. Існують різні методи неруйнівного оптичного контролю прозорих структур. Одним із широко застосовуваних для точного контролю профілю показника заломлення заготовок, а також ОВ є метод фокусування, який заснований на фокусуєчих властивостях серцевини волокна, що представляє собою циліндричну лінзу, при поперечному освітленні.

Основа методу полягає у наступних етапах. На волокно під прямим кутом до осі подається паралельний некогерентний світловий пучок постійної інтенсивності. Волокно в даному випадку відіграє роль градієнтної лінзи. Промінь, що входить у волокно на відстані l від оптичної осі (рис. 4), заломлюється та виходить із лінзи під кутом, що відрізняється від кута входу. У площині зображення лінзи зондуєчий промінь потрапляє до точки на відстані $y = I(l)$ від оптичної осі.

Кількісний зв'язок показника заломлення Δn та координати $I(l)$ описується рівнянням $d^2y/dx^2 = (1/n_x) \partial n / \partial r$ для параксимальних променів, звідки нахил променя на виході з лінзи визначається інтегралом

$$\left(\frac{dy}{dx} \right)_{x=\infty} = \frac{1}{n_x} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\partial n}{\partial r} dx,$$

а після відповідних перетворень отримуємо

$$n(r) - n_1 = \frac{1}{\pi L} \int_r^\infty \frac{l - y(l)}{(l^2 - r^2)^{1/2}} dl.$$

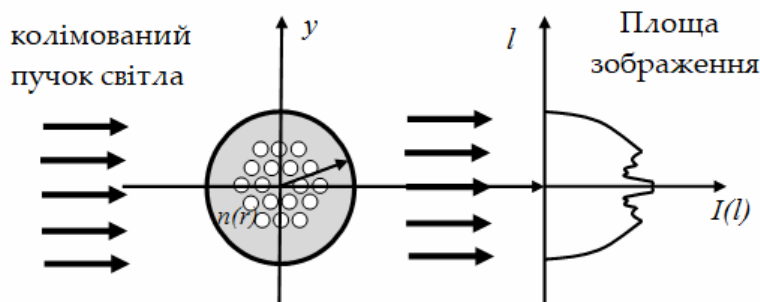


Рисунок 4 – Схема реєстрації розподілу інтенсивності оптичного поля методом фокусування

З урахуванням структури поперечного перерізу, запропоновано зареєстрований вектор інтенсивностей оптичного поля розбити на Nr зон, безпосередньо пов'язаних з особливостями періодичності розміщення порожніх капілярів.

Пропонується також ввести інтегральний показник інтенсивності оптичного поля виду

$$I_n = \{X_1, X_2, \dots, X_{Nr}\},$$

де X_{Nr} – середньоарифметичне значення інтенсивності оптичного поля перерізу у межах зони Nr .

З метою визначення характеру, ступеня та швидкості утворення дефекту проводимо регресійний аналіз інтегрального показника розподілу інтенсивності оптичного поля досліджуваної вибірки за локальними областями.

Враховуючи, що аналізу підлягає відрізок витягнутого МОВ до 2 мм (залежно від геометричних характеристик обраної КМОП-матриці), використовуючи метод кусково-лінійної апроксимації в рамках аналізованого відрізка, залежність значення інтегрального показника інтенсивності поля X_l від часу вважаємо лінійною:

$$Y = b_0 + b_1 t,$$

де b_0 – вільний член рівняння, що характеризує лінійне зміщення інтегрального показника інтенсивності;

b_1 – коефіцієнт, що визначає кут нахилу лінії регресії.

Коефіцієнти b_1 та b_0 знаходимо методом найменших квадратів у рамках досліджуваної довжини відрізка МОВ в залежності від часу.

$$b_0 = \frac{\sum_{j=1}^m t_j^2 \sum_{j=1}^m X_{Nr,j} - \sum_{j=1}^m t_j \sum_{j=1}^m X_{Nr,j} t_j}{m \sum_{j=1}^m t_j^2 - \left(\sum_{j=1}^m t_j \right)^2},$$

$$b_1 = \frac{m \sum_{j=1}^m X_{Nr,j} t_j - \sum_{j=1}^m t_j \sum_{j=1}^m X_{Nr,j}}{m \sum_{j=1}^m t_j^2 - \left(\sum_{j=1}^m t_j \right)^2},$$

де m – кількість аналізованих перерізів;

$X_{Nr,j}$ – середнє арифметичне Nr -го інтервалу, j -го перерізу;

t_j – визначається з урахуванням параметрів КМОП-матриці та коефіцієнта масштабування.

$$t_j = \frac{m}{Q \cdot V_{ПВ}},$$

де Q – масштаб збільшення зображення;

$V_{ПВ}$ – швидкість витяжки (швидкість приймальної установки).

В якості критерію для оцінки стану перерізу структури МОВ запропоновано використати кортеж виду

$$v = \{r, \Delta b_1, b_0\}, \quad (1)$$

де r – загальний коефіцієнт парної кореляції між поточним розподілом та еталонним.

Крім того, запропонований критерій (1) має обмеження у виді системи нерівностей:

$$\begin{cases} r > r_{кр}, \Delta b_0 = 0 \pm \delta_1, b_1 = 0 \pm \delta_2; \\ r < r_{кр}, \Delta b_0 = 0 \pm \delta_1, b_1 = 0 \pm \delta_2; \\ r < r_{кр}, \Delta b_0 > 0 \pm \delta_1, b_1 > 0 \pm \delta_2; \\ r < r_{кр}, \Delta b_0 < 0 \pm \delta_1, b_1 > 0 \pm \delta_2, \end{cases} \quad (2)$$

де δ_1, δ_2 – допустимі відхилення Δb_0 та b_1 відповідно;

$r_{кр}$ – критичне значення коефіцієнта кореляції.

У (2) перша група обмежень відповідає нормальному ходу ТП, дефектів структури не виявлено; друга група – відповідає дефекту, пов'язаного з відхиленням значення кроку між отворами структури; третя група – дефекту руйнування структури отворів МОВ; остання група обмежень відповідає дефекту колапсу структури МОВ.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАПРОПОНОВАНОГО СПОСОБУ. Матеріалом для експериментальних досліджень послужило МС волокно завдовжки 100 мм діаметром 130 мкм, отримане витягуванням із заготівлі, створеної методом пакування капілярів у необхідну структуру. Структура досліджуваного волокна складається з одного шару повітряних отворів (6 отворів діаметром 4 мкм) навколо порожнистої серцевини діаметром 4 мкм з кроком 14 мкм. Результати експериментальних досліджень методу, який розроблюється для оцінки стану структури МОВ підтвердили теоретичні положення дослідження. Числові значення розрахованих характеристик, що представляють інтерес областей волокна внесені в таблицю 1.

Таблиця 1 – Результати експериментальних досліджень

Номер зразка	Показники	Інтервали оцінювання					
		R1	R2	R3	R4	R5	R6
1 (рис.3,а)	b_0	0,05	0,28	0,17	0,13	0,28	0,06
	b_1	0,57	0,69	0,38	0,49	0,65	0,59
	номер перерізу $r < 0,97$	–	–	–	–	–	–
2 (рис.3,б)	b_1	0,631	-3,071	0,75	0,488	-1,571	-0,526
	b_0	0,685	0,811784	0,635	0,743	0,4635	0,504
	номер перерізу $r < 0,97$	88	51	30	91	123	49
3 (рис.3,в)	b_1	-4,69	-2,22	4,803	-3,635	-12,838	-2,5351
	b_0	0,50	0,74	0,435	0,507	0,736	0,535
	номер перерізу $r < 0,97$	107	33	29	83	156	101

АНАЛІЗ ЧИННИКІВ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ ЯКІСТЬ КОНТРОЛЮ. На якість результатів контролю впливають багато факторів:

- точність оптичної системи, що обумовлено похибкою збільшуючої системи;
- точність просторової дискретизації зображення, зумовлена похибкою розташування фоточутливих елементів у матриці;
- похибка вимірювання оптичної інтенсивності, яка обумовлена шумами та неоднорідністю чутливості елементів КМОП-матриці;
- вплив цифрової обробки даних, які вимірюються, який проявляється через тип даних чисел, операцій, що виконуються над ними, а також численними методами і тощо.

Як уже зазначалося, оптичні методи контролю оптичних волокон можуть будуватися за схемою зондування поздовжнім або поперечним до осі волокна променем. Відмінність полягає в тому, що в першому випадку аналізується модове поле випромінювання серцевини оптичного волокна, а у другому – оптичне поле, що є результатом фокусувальної дії поперечно освітленого ОБ.

Скористаємося інтегральним методом, при якому геометричні координати положення розраховують через центральний момент першого порядку функції розподілу інтенсивності у виді

$$X_C = \frac{m_1}{m_0} = \frac{\int_{x_1}^{x_2} x E^2(x) dx}{\int_{x_1}^{x_2} E^2(x) dx},$$

де $E(x)$ – амплітуда електричного поля;

$E^2(x)$ – інтенсивність виміряного оптичного поля.

Задача контролю величини поперечного (радіального) зсуву зводиться до визначення бокового зсуву центру симетрії сигналу. Розв'язання цієї задачі можливо здійснити з використанням принципу узгодженої фільтрації у формі автозгортки.

Модель сигналу в перерізі розподілу інтенсивності оптичного поля можна представити у виді

$$\xi(x) = I(x) + n(x),$$

де $I(x) \approx E^2(x)$ – функція розподілу інтенсивності;

$n(x)$ – адитивний шум із нульовим середнім значенням.

Узгоджений фільтр є оптимальним фільтром, який мінімізує середньоквадратичну похибку при виділенні корисної складової $I(x)$ із суміші з шумом $\xi(x)$.

Імпульсний відгук узгодженого фільтра є перевернутою відносно у та ссунутою на x_t функцією та має вид

$$h(x) = I(x_t - x).$$

Наявність зсуву означає, що з виявлення сигналу тривалістю x_t необхідно подати його протягом часу t після появи сигналу.

Таким чином, імпульсна характеристика узгодженого фільтра з точністю до постійного множника повинна бути оберненою копією корисної складової, а саме

$$h(x) = \alpha I(-x). \quad (3)$$

Відомо, що лінійна фільтрація у просторовій області еквівалентна математичній операції згортки

$$y(t) = \int_0^t x(\tau)h(t-\tau)d\tau.$$

Як зазначено, для узгодженого фільтра $h(t) = x(-t)$, тому

$$y(t) = \int_0^t x(\tau)h(\tau-t)d\tau.$$

Функція взаємної кореляції $x(t)$ та $x(-t)$ має вид

$$C(\tau) = \int_0^T x(\tau)x(t-\tau)d\tau.$$

Таким чином, узгоджена фільтрація зводиться до згортки $x(\tau)$ та $x(-\tau)$ або обчислення їхньої автокореляційної функції. Застосовуючи дані відомості, запишемо вихідний сигнал узгодженого фільтра як інтеграла згортки

$$s(z) = \xi(x) \cdot h(x) = \int_{-D/2}^{D/2} \xi(x)h(z-x)dx, \quad (4)$$

де D – протяжність ділянки реєстрації.

При підстановці (3) у (4) та $\alpha = 1$ в точці $z = 0$ маємо:

$$s(0) = \int_{-D/2}^{D/2} I^2(x)dx + R_{ni}(0) \approx R_{ii}(0),$$

де R_{ni} – оцінка взаємної коваріаційної функції шуму та сигналу близька до нуля внаслідок їхньої статистичної незалежності.

Таким чином, вихідний сигнал узгодженого фільтра відповідає автоковаріаційній функції корисної складової $I(x)$ та досягає максимуму в момент точної ідентифікації цієї складової.

Для експериментального дослідження методу фокусування в лабораторних умовах використовувалися зразки оптичного волокна різної структури (багатомодове та мікροструктуроване). Методика проведення експерименту полягала у формуванні тестового випромінювання, взаємодії тестового випромінювання з оптичним волокном, реєстрації результуючого оптичного поля, аналіз масиву (формування вектора інтенсивностей у перерізі волокна, автозгортка, перетворення вектора) та аналіз результатів обчислень.

Отримано графіки розподілу профілю показника заломлення при різних фокусних відстанях від осі волокна. У ході експерименту досліджувалися два зразки мікροструктурованого ОВ (діаметр – 140 мкм) та один зразок стандартного багатомодового ОВ (діаметр – 125 мкм).

Результати аналізу експериментальних даних представлені у виді графіків (рис.5–12). Для оцінки отриманих результатів запропоновано використовувати профіль показання заломлення МОВ, отриманий аналітично.

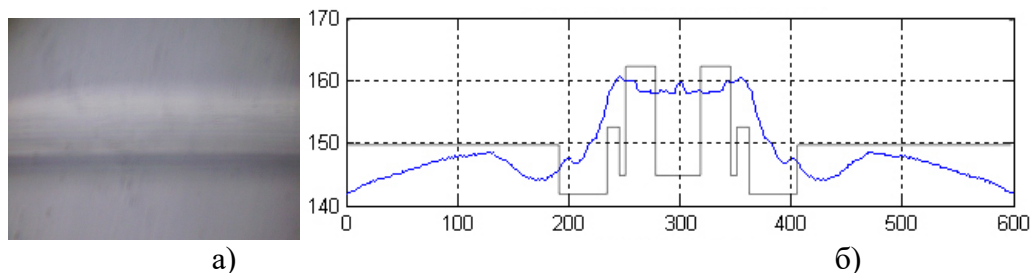


Рисунок 5 – Зразок МОВ №1, фокусна відстань 425 мкм: результат реєстрації інтенсивності (а) та результат перетворення (б)

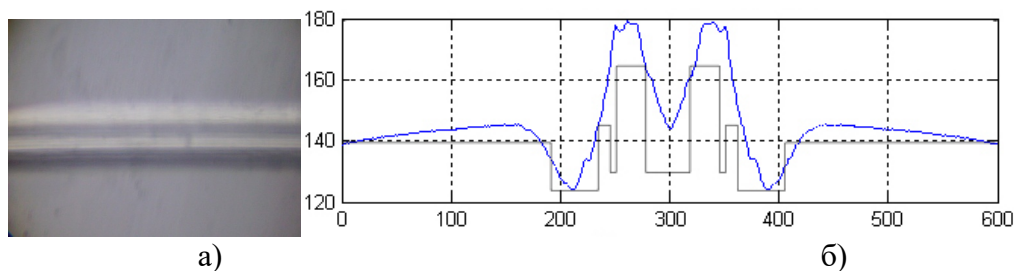


Рисунок 6 – Зразок МОВ №1, фокусна відстань 405 мкм: результат реєстрації інтенсивності (а) та результат перетворення (б)

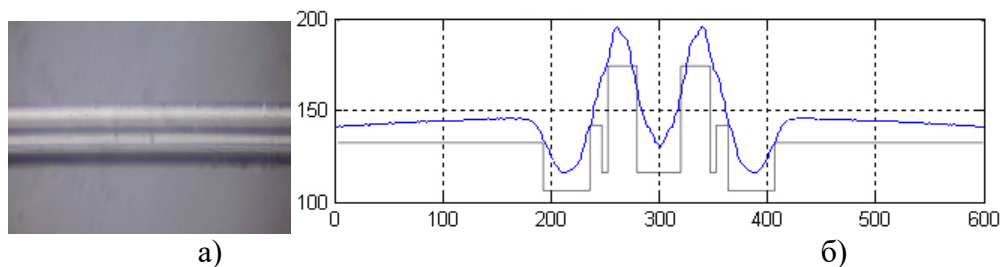


Рисунок 7 – Зразок МОВ №1, фокусна відстань 375 мкм: результат реєстрації інтенсивності (а) та результат перетворення (б)

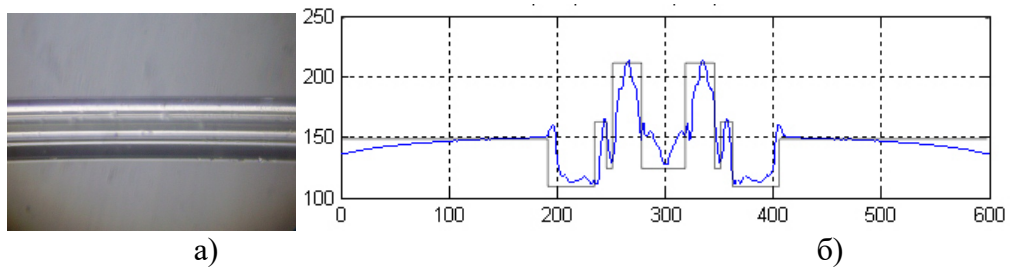


Рисунок 8 – Зразок МОВ №1, фокусна відстань 365 мкм: результат реєстрації інтенсивності (а) та результат перетворення (б)

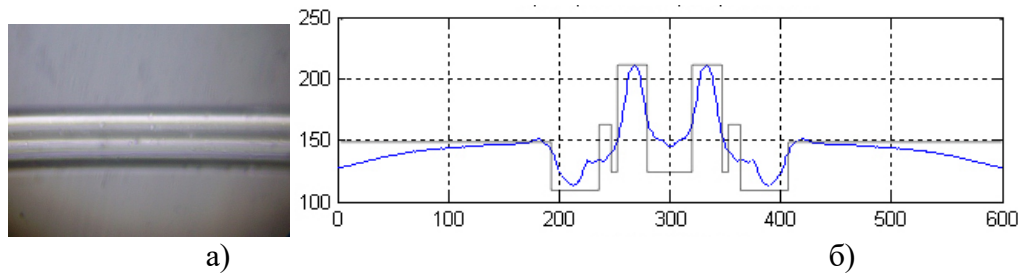


Рисунок 9 – Зразок МОВ №1, фокусна відстань 345 мкм: результат реєстрації інтенсивності (а) та результат перетворення (б)

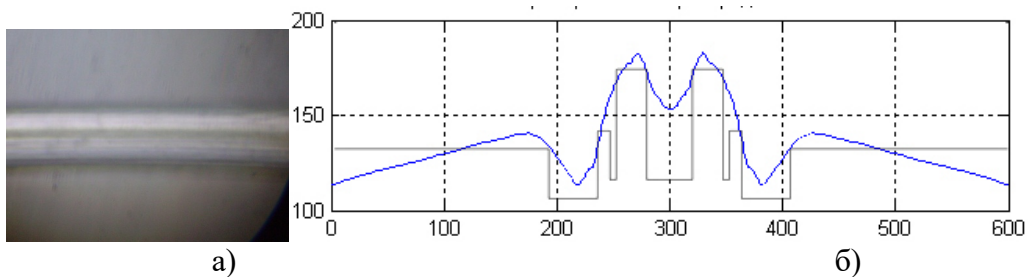


Рисунок 10 – Зразок МОВ №1, фокусна відстань 325 мкм: результат реєстрації інтенсивності (а) та результат перетворення (б)

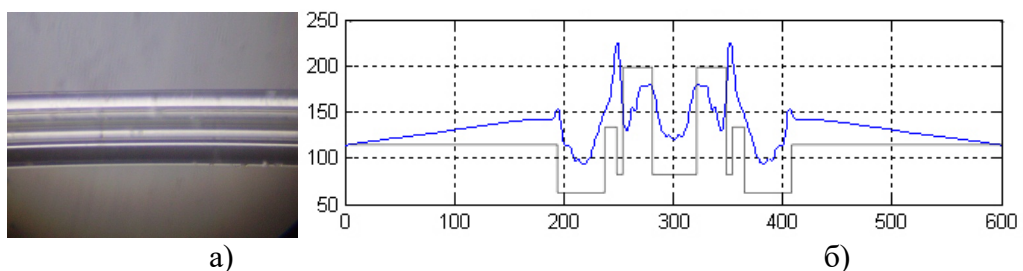


Рисунок 11 – Зразок МОВ №1, фокусна відстань 310 мкм: результат реєстрації інтенсивності (а) та результат перетворення (б)

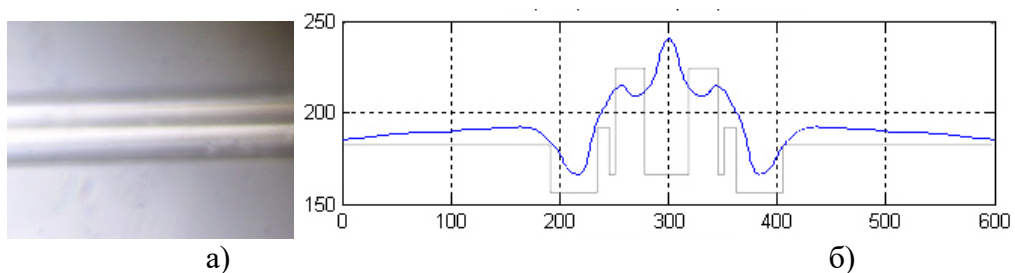


Рисунок 12 – Зразок МОВ №1, фокусна відстань 300 мкм: результат реєстрації інтенсивності (а) та результат перетворення (б)

Виходячи з отриманих даних, проаналізуємо вплив фокусної відстані на інформативність оптичного методу контролю для волокон із складною структурою перерізу. Запропоновано аналіз проводити за допомогою коефіцієнта кореляції векторів значень інтенсивності оптичного поля та профілю показника заломлення.

Для визначення оптимального значення фокусної відстані введемо критерій

$$J = \arg \max_i r_i(x, y),$$

де $r_i(x, y)$ – коефіцієнт кореляції на i -й фокусній відстані.

Результати розрахунків представлені на рисунку 13.

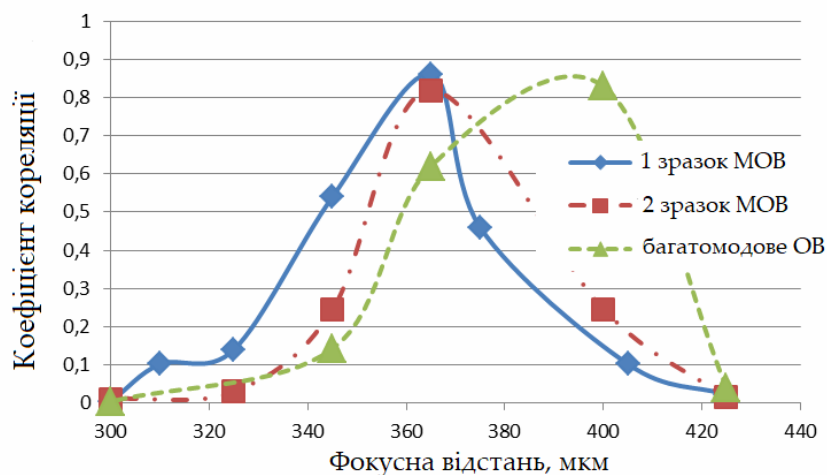


Рисунок 13 – Графіки залежності коефіцієнта кореляції від фокусної відстані для двох зразків мікроструктурованого ОВ (1;2) та багатомодового ОВ (3)

В результаті проведених досліджень одержано графіки розподілу профілю показника заломлення при різних фокусних відстанях. Для обох зразків МОВ оптимальною є фокусна відстань, що дорівнює 365 мкм, оскільки в даній точці коефіцієнт кореляції прагне до свого максимуму, при цьому для зразка багатомодового ОВ, який розглядається, оптимальним є фокусна відстань, рівна 400 мкм.

Таким чином, встановлено, що для використання методу фокусування в процесі витяжки ОВ необхідно жорстко дотримуватись та контролювати фокусну відстань.

ВИСНОВКИ

Запропоновано новий спосіб оцінки якості ОВ складної форми поперечного перерізу в процесі витяжки, заснований на результатах поздовжнього оптичного контролю внутрішньої структури перерізу, що дає можливість побудувати систему управління процесом витяжки з урахуванням оцінки структури перерізу та допусків на її геометричні параметри.

У роботі отримав розвиток оптичний неруйнівний метод контролю перерізу ОВ, в якому для оцінки параметрів показника профілю заломлення запропоновано використання інтегрального показника інтенсивності оптичного поля, що забезпечує можливість виявити дефектні деформаційні зміни з урахуванням складності структури.

Проведені експериментальні дослідження впливу фокусної відстані на якість запропонованого методу дали можливість встановити оптимальну фокусну відстань для волокон складною структурою (МОВ) отримано при фокусуванні в ділянку серцевини, на відміну від стандартного багатомодового волокна, де рекомендується фокус вибирати трохи за серцевиною волокна.

ЛІТЕРАТУРА

1. Christos M, Irnis Kubat, Ole Bang Hybrid polymer photonic crystal fiber with integrated chalcogenide glass nanofilms // Scientific Reports. 2014. Vol.4. Режим доступа к журн.:<http://www.nature.com/srep/2014/140814/srep06057/full/srep06057.html>.
2. Making a Better Photonic Crystal Fiber. Fiber Draw Tower // Lawrence Livermore National Laboratory. 2013. Режим доступа к журн.: <https://str.llnl.gov/content/pages/april-2013/pdf/4.13.2.pdf>.
3. Алексеева Л. Б., Артюшков Л. Б. Выбор регрессионной модели процесса вытяжки световодов. Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты. 2013. № 3. С. 112–115.
4. Желтиков А. М. Микроструктурированные световоды в оптических технологиях. М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. 192 с.
5. Фитт А. Ф., Фурусав К., Монро Т. М., Пожалуйста, С. П., Ричардсон Д. Математическое моделирование вытяжки капилляров для изготовления дырявых волокон // Журнал инженерной математики. 2002. Т. 43. № 2–4. С. 201–227.

Науковий керівник: Аллаxверанов Рауф Юсіфович, к.т.н., доцент кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки.

УДК 621.311

АВТОМАТИЗАЦІЯ КЕРУВАННЯ НИЗЬКОВОЛЬТНОЮ ТРЕКОВОЮ СИСТЕМОЮ ОСВІТЛЕННЯ

Іванцов О. С.

Харківський національний університет радіоелектроніки
Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14
E-mail: oleksandr.ivantsov1@nure.ua

Анотація. Розроблено систему віддаленого керування низьковольтною трековою системою освітлення. Система складається з основного потенціометру, який передає керуючий MIDI-сигнал до програмного забезпечення на комп'ютері. Даний сигнал обробляється та відображається у вигляді кривої автоматизації. Отриманий керуючий сигнал передається на двигун моторизованого потенціометра, повзунок якого виконує роль адаптера на шиніпроводі. Досліджено засіб віддаленого керування системою за допомогою програмного забезпечення TouchOSC.

Ключові слова: автоматизація керування, трекова система освітлення.

AUTOMATION OF CONTROL FOR LOW VOLTAGE TRACK LIGHTING SYSTEM

O. Ivantsov

Kharkiv National University of Radio Electronics
Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av.,14
E-mail: oleksandr.ivantsov1@nure.ua

Annotation: A system of remote control of a low-voltage track lighting system was developed. The system consists of a main potentiometer that transmits the control MIDI signal to the software on the computer. This signal is processed and displayed as an automation curve. The received control signal is transmitted to the motor of the motorized potentiometer, the potentiometer fader acts as an adapter on the bus bar. The tool of remote control of system by means of the TouchOSC software is investigated.

Key words: control automation, track lighting system.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Низьковольтні трекові системи освітлення з кожним роком стають все популярнішими завдяки зручності використання та їх широкому функціоналу.

Подібні системи мають широкий спектр сфер застосування від побуту до офісних, виробничих приміщень і технологічних процесів. Сучасні низьковольтні трекові системи відрізняються довжиною, напругою та варіаціями форм шинопроводу [1].

Традиційні трекові системи складаються з світильників, шинопроводів та закріплених на них адаптерів, за допомогою яких відбувається переміщення світильників. Завдяки такій конструкції користувачі мають можливість направляти освітлення в необхідну ділянку приміщення (офісу, концертного залу, цеху тощо). До теперішнього часу ще широко використовуються аналоги трекових систем для освітлення певних областей простору приміщень, що складаються з рядів прожекторів. Вони передбачають окремий монтаж точкових прожекторів. Трекові ж системи мають лише одне підключення шинопроводу, що значно полегшує і здешевлює процеси монтажу.

Найбільш переконливо свою ефективність трекові системи виявляють у технологічних процесах, де є необхідність частих змін освітленості робочих зон. Проте регулювання положення світильників у переважній більшості існуючих систем відбувається «вручну». Для таких технологій актуальними є задачі розробки технологій автоматизованого чи автоматичного керування трековими системами.

Метою роботи є розробка системи віддаленого керування низьковольтною трековою системою освітлення.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Для автоматизації низьковольтної трекової системи освітлення запропоновано рішення на основі MIDI-протоколу [2] і Control Change команд [3]. Алгоритм роботи в рамках цього рішення запропоновано реалізувати у програмному середовищі Arduino IDE, яке містить у собі робочі бібліотеки MIDI та Control Surface [2–4]. Автоматизація функціонування системи реалізується за допомогою MIDI-сигналу, що надходить з комп'ютерної програми на двигун, який приводить адаптери в рух. Цей процес можна подати у вигляді керованої системи, в якій керованим елементом виступає моторизований повзунковий потенціометр, а MIDI-сигнал надходить від керуючого потенціометра до програми на комп'ютері [5–6]. Корпус моторизованого потенціометра є шинопроводом системи, а повзунок адаптером зі світильником. За положення повзунка відповідає двигун з редуктором, до якого надходить керуючий MIDI-сигнал.

Плати Arduino при своїх базових настройках не в змозі працювати, як MIDI-пристрій. Через це вони не зможуть працювати з бібліотеками, по типу Control Surface, MIDI і іншими. При підключенні плати з оригінальними налаштуваннями комп'ютер буде визначати плату, як звичайний мікроконтролер, а не MIDI-пристрій. Щоб перекваліфікувати роботу плати Arduino під MIDI-контролер, необхідно замінити її оригінальне програмне забезпечення, що дасть можливість платі працювати з MIDI-протоколом і програмувати її, як MIDI-пристрій. Для подібної процедури необхідно скористатися програмним забезпеченням Flip від Atmel. Завантаживши необхідний файл формату .hex Flip зможе перезаписати базові налагодження плати Arduino, після чого необхідно перезавантажити плату.

Файли формату .hex містять у собі інформацію про параметри та конфігурації пристрою, збережену у шістнадцятиричному форматі.

Після завантаження .hex-файлу та перезавантаження плати, вона буде розпізнана операційною системою, як MIDI-пристрій, що дасть можливість секвенсору взаємодіяти з платою.

Для передачі MIDI-сигналів від зовнішніх елементів до програмного забезпечення необхідно здійснити синхронізацію пристрою з секвенсором. Це реалізується за допомогою меню MIDI-конфігурації, де зовнішньому пристрою задається MIDI-порт, через який він передає сигнал до секвенсора та взаємодіє з його параметрами.

Після підключення пристрою до програмного забезпечення на комп'ютері, перший та головний потенціометр (рис. 1) прив'язується до конкретного параметру.



Рисунок 1 – Зовнішній вигляд головного обертового потенціометра

Прив'язка здійснюється за допомогою команд Control Change. За допомогою правильно налаштованого потенціометра користувач має можливість створювати свої власні налаштування для моторизованого потенціометра. Це здійснюється шляхом запису усіх тактильних маніпуляцій з потенціометром, які потім відображаються у секвенсорі у вигляді кривої автоматизації, у якій координата X відображає час, а Y – значення параметра у даний момент часу.

Передача записаного MIDI-сигналу з управляючого потенціометра на моторизований здійснюється шляхом прив'язки обох потенціометрів на один параметр. Це здійснюється шляхом призначення однакового Control Change та MIDI-каналу у програмному коді. Завдяки цьому секвенсор буде сприймати обидва потенціометри як один. Це необхідно через те, що секвенсори не мають можливості призначати різні регулятори з різними MIDI-каналами на один й той самий параметр.

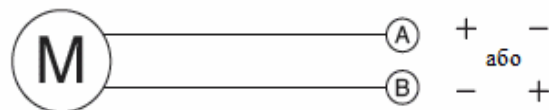
Моторизований потенціометр (рис. 2) виступає в ролі керованого пристрою, який приймає MIDI-сигнал, що генерується програмою.



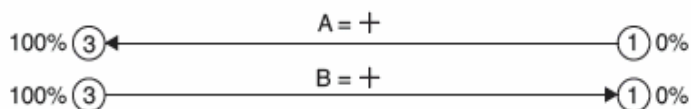
Рисунок 2 – Моторизований потенціометр

Електричний ланцюг потенціометра складається з повзунка і двигуна з редуктором (рис. 3) [7], на який подається сигнал, після чого він приводить у рух повзунок.

Двигун



напрямки руху потенціометра



Сервопривід

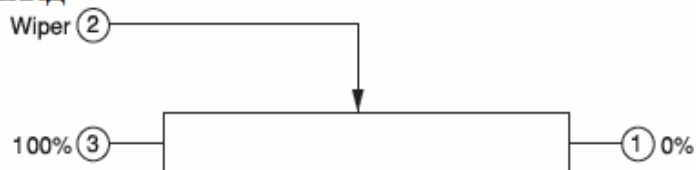


Рисунок 3 – Схема електричного ланцюга потенціометра

Для фільтрації шуму потенціометра у проекті запропоновано використовуватися конденсатор визначеної ємності [8]. Оскільки основним елементом в ланцюгу є плата Arduino, то відповідно як середовище програмування було обрано Arduino IDE. Передача MIDI-сигналу з керуючого потенціометра відбувається шляхом призначення Control Change команди на аналоговий вхід, до якого підключений контакт потенціометра.

Оскільки система створюється на базі MIDI-інтерфейсу, вона має можливість взаємодіяти з програмним забезпеченням за допомогою User Datagram протоколу [9], який дозволяє користувачу посилати, а також отримувати Open Sound Control [10] повідомлення по Wi-Fi мережі. Головним представником такого програмного забезпечення являється TouchOSC [11]. За допомогою цієї програми користувач має змогу віддалено контролювати роботу пристрою. Завдяки гнучкості цієї програми користувач може контролювати та регулювати усі необхідні йому процеси. Гнучкість полягає у тому, що TouchOSC не має заздалегідь заданих налаштувань, тому увесь інтерфейс розробляє для себе сам користувач, так, як йому потрібно. Початкова робота у TouchOSC здійснюється у основному інтерфейсі (рис. 4). В ньому визначаються елементи, які користувач хоче контролювати.

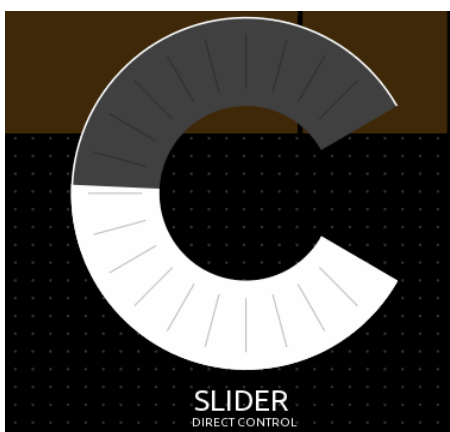


Рисунок 4 – Основний інтерфейс TouchOSC

Далі, після створення елемента контролю, його необхідно налаштувати на коректну роботу. Налаштування здійснюється у додатковому меню програми (рис. 5), та полягає у завданні Control Change повідомлення створеному у основному розділі програми елементу.

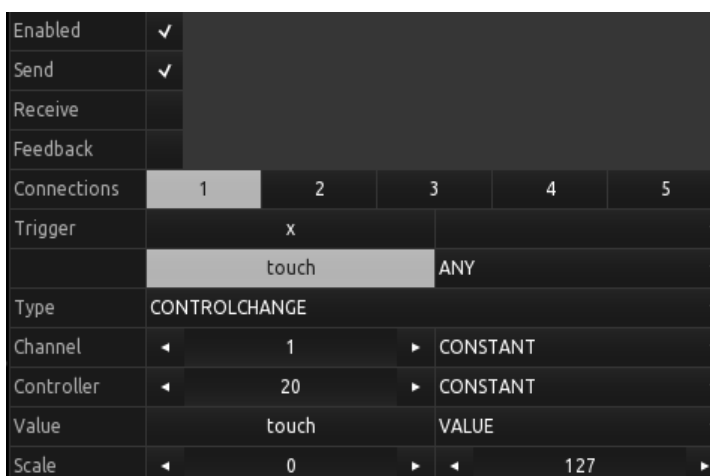


Рисунок 5 – Меню налаштування контролюючого елемента TouchOSC

За допомогою Control Change здійснюється прив'язка до необхідного параметру у програмному забезпеченні на комп'ютері, а також налаштовується прив'язка до зовнішнього MIDI-пристрою. Після чого задається спосіб контролю. У даному випадку контроль здійснюється за шкалою X , так як у якості контролюючого елемента виступає потенціометр. Після цього задається діапазон значень для потенціометра, стандартні налаштування мають робочий діапазон від 0, що відповідає мінімальному значенню потенціометра, до 127, що відповідає максимальному значенню потенціометра.

ВИСНОВКИ. Запропоноване рішення забезпечує автоматичне переміщення адаптера по шиніпроводу та позбавляє користувача від «ручного» налаштування освітлення. Його явною перевагою є те, що користувач має можливість налаштувати роботу пристрою так, як йому необхідно, використовуючи інтуїтивно зрозумілий і простий інтерфейс, а його параметри мають зручні гнучкі налагодження. За допомогою описаної технології автоматизації користувач має можливість задавати як конкретні значення положення світильників у трековій системі, так і зробити їх переміщення циклічним, якщо це буде необхідно. Ще однією перевагою використання MIDI-інтерфейсу у системі є те, що протокол MIDI можна контролювати віддалено за допомогою доступного програмного забезпечення на телефоні або планшеті, що також значно покращує експлуатацію трекової системи.

Варто зауважити ще й те, що задіяна технологія автоматизації обробки MIDI-даних може бути інтегрована у інші пристрої, які здійснюють переміщення своїх робочих елементів. Прикладом подібних пристроїв може бути система поливу рослин у теплицях. При інтеграції даної технології користувач матиме змогу контролювати систему поливу, задавати конкретне положення розпилювачів, а також зробити їх переміщення циклічним без безпосереднього втручання у процес людини.

ЛІТЕРАТУРА

1. Трековые системы освещения URL: <https://interalighting.ru/blog/trekovye-sistemy> (дата звернення 12.11.2021).
2. Что такое MIDI URL: <https://www.newtoneacademy.com/whatismidi> (дата звернення 12.11.2021).
3. MIDI CC List for Continuous Controllers URL: <https://anotherproducer.com/online-tools-for-musicians/midi-cc-list> (дата звернення 12.11.2021).
4. Control Surface URL: <https://opensourcelibs.com/lib/control-surface> (дата звернення 12.11.2021).
5. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления. Пер. с англ. Б.И. Копылова. М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002. 832 с.

6. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. Линейные системы. СПб.: Питер, 2005.
7. Motor-driven Master Type ALPSALPINE URL: <https://tech.alpsalpine.com/prod/e/html/potentiometer/slidepotentiometers/rsn1m/rsa0n11m9a0k.html> (дата звернення 13.11.2021).
8. Снижение шумов и фильтрация напряжения источника питания URL: <https://studizba.com/lectures/129-inzhenerija/1991-proektirovanie-priemoperedajuschih-ustrojstv-mobilnyh-radiostancij/38914-11-snizhenie-shumov-i-filtracija-naprjazhenija-istochnika-pitanija.html> (дата звернення 13.11.2021).
9. Протоколы TCP и UDP URL: https://professorweb.ru/my/csharp/web/level1/1_4.php (дата звернення 12.11.2021).
10. What is OSC? URL: <https://opensoundcontrol.stanford.edu> (дата звернення 13.11.2021).
11. TouchOSC URL: <https://hexler.net/touchosc> (дата звернення 13.11.2021).

Науковий керівник: *Безкоровайний Володимир Валентинович, д.т.н., професор кафедри системотехніки Харківського національного університету радіоелектроніки*

УДК 621.396

АНАЛІЗ ШЛЯХІВ МОДЕРНІЗАЦІЇ КОМУТАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ МОБІЛЬНОЇ РОБОТОТЕХНІЧНОЇ ПЛАТФОРМИ З ВИКОРИСТАННЯМ ГНУЧКИХ СТРУКТУР

Ігнатенко Д. В.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: daria.ihnatenko@nure.ua

Анотація: у даній статті розглянуто мобільні робототехнічні платформи та їх конструктивні особливості. Проаналізовані поліімідні структури, які будуть використовуватися під час моделювання. Проаналізовано, які компоненти більше підходять для комутаційної системи мобільної платформи.

Ключові слова: Індустрія 4.0, мобільний робот, комутаційна система, поліімідні структури, модернізація.

ANALYSIS OF MODERNIZATION MEANS FOR SWITCHING SYSTEM OF MOBILE ROBOTIC PLATFORM USING FLEXIBLE STRUCTURES

D. Ignatenko

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauki Ave., 14

E-mail: daria.ihnatenko@nure.ua

Annotation: This article presents robotic platforms and their design features. Polyimide structures that will be used in modeling are analyzed. It is analyzed which components are more suitable for the switching system.

Key words: Industry 4.0, mobile robot, switching system, polyimide structures, modernization.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. На сьогодні мобільна робототехніка відіграє все більшу роль у різних галузях суспільства. На даний час велика увага приділяється розробці робототехнічних комплексів із високою пристосованістю до руху по складних траєкторіях і складних поверхнях. Проте розробка даних систем ще стоїть на початковому рівні розвитку, що в свою чергу робить дані системи не досконалими та залежними від навколишнього середовища та інших чинників, що можуть впливати на їх роботу. Завдяки використанню поліімідних структур для модернізації існуючих робототехнічних платформ їхня комутаційна система буде мати більшу хімічну стійкість, високу механічну міцність і стійкість до корозійних процесів.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Сьогодні існує велике різноманіття мобільних робототехнічних платформ різного призначення. У світі нараховується близько 800 тисяч мобільних роботів, що класифікуються за різними ознаками, такими, наприклад, як підсистема переміщення, тип цільового середовища, тип енергозабезпечення, призначення та інші.

Мобільні роботи, призначені для виконання тільки транспортних операцій з перевезення вантажів (робокари), часто не мають маніпуляторів, а забезпечуються спрощеними одне- і двоступеневих вантажно-розвантажувальними пристроями, або останні операції виконуються стаціонарними маніпуляторами, що знаходяться в місцях зупинки транспортних роботів.

Мобільні роботи, що включають в себе чутливі елементи, виконавчі механізми, комп'ютери і володіють елементами штучного інтелекту, представляють досить зручний об'єкт для постановки, вивчення та знаходження рішень сучасних проблем мехатроніки [1].

Промислові роботи відносяться до класу маніпуляційних роботів. Промисловий робот – це автоматична машина, стаціонарна чи пересувна, що складається з виконавчого пристрою у вигляді маніпулятора, який має кілька ступенів свободи, перепрограмувального пристрою для програмного керування виконанням у виробничому процесі рухових і керуючих функцій. Для робота характерна перепрограмованість – властивість промислового робота замінити керуючу програму автоматично чи за допомогою людини-оператора [2].

Мобільні робототехнічні системи відрізняються наявністю рухомого шасі з автоматично керованими приводами. Вони можуть бути колісними, ходячими, колісно-ходячими та гусеничними. Існують також плаваючі та літаючі мобільні робототехнічні системи. Часто мобільні машини містять на собі маніпуляційні роботи та можуть застосовуватися в польових умовах, у космічних польотах, на промислових підприємствах, а також у будівництві та на транспорті. На заводах багато ручної роботи потрібно виконувати під час транспортування деталей, матеріалів і інструментів у заводському цеху між верстатами та складами. Тут об'єктом робототехніки є створення автоматичних візків (робокарів), що рухаються в цеху по заданій програмі із керуванням від ЕОМ. Програма може легко переналагоджуватися. У складі мобільних робототехнічних платформ також можуть бути бортові комп'ютери, в яких є гнучкі комутаційні системи (ГКС) [2].

Прикладом такого мобільного робота є KUKA Mobile Robotik iiwa (рис. 1). Автономний робот KMR iiwa придатний для співпраці з людиною та є мобільним. В одній системі він поєднує сильні сторони чутливого робота легкої конструкції LBR iiwa та мобільної автономної платформи. KMR iiwa відрізняється високою мобільністю та гнучкістю, що забезпечує умови для виконання вимог Industrie 4.0 [3].

KMR розшифровується як KUKA Mobile Robotik (мобільна робототехніка KUKA). Модульна система KMR iiwa забезпечує ряд можливостей комбінування технології робота, мобільних платформ і промислових компонентів. Сім спеціальних датчиків шарнірного моменту на кожній осі робота легкої конструкції LBR iiwa роблять його чутливим до свого оточення [3].

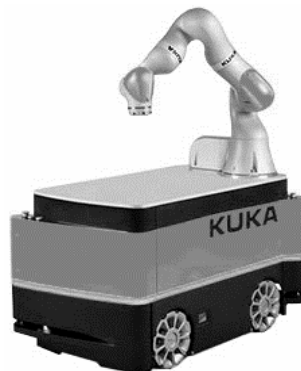


Рисунок 1 – Мобільний робот KUKA Mobile Robotik iiwa

Інформаційно-керуючі робототехнічні системи можуть не мати механічно рухомих виконавчих пристроїв. Вони на підставі інформації, що надходить від зовнішніх джерел, виконують за допомогою визначених алгоритмів і програм (у тому числі адаптуються до обстановки та до поставленої задачі) обробку інформації, видачу результатів на дисплей чи інші зовнішні пристрої, а також автоматично виробляють необхідні керуючі сигнали на основі цих результатів [2].

До інформаційних роботів відносяться також і автоматичні контрольно-вимірювальні системи на виробництві. Справді, там витрачається багато ручної праці на контрольно-вимірювальні операції. Тут призначенням робототехніки є автоматизація самого процесу контролю, подачі деталей на контроль, проведення вимірювань і потім автоматичне сортування деталей різного ступеня придатності (чи просто не придатних і бракованих), а також передача до верстата інформації про необхідність підналагодження. Ця задача теж повинна бути вирішена для завершення комплексної автоматизації виробництва та ліквідації одноманітної ручної праці. У таких інформаційних роботах можуть бути присутніми деякі маніпуляційні пристрої [2].

Пристрої керування роботами, як правило, діляться на три типи. Вони ж, у свою чергу, діляться ще на 3 підгрупи кожна. І кожна з них має своє призначення, свої відмінності, свої достоїнства переваги та недоліки, компромісом між якими і досягається оптимальне функціонування конкретної мехатронної системи за конкретних умов і наявності тих чи інших фахівців і матеріальних засобів. Не можна судити про систему управління тільки за її сучасністю, якістю виконання, нестандартною реалізацією й іншими зовнішніми факторами. А в деяких випадках і зовсім немає вибору між декількома видами пристроїв управління, наприклад, якщо не дозволяють умови функціонування робота розмістити поруч оператора – наприклад, у зоні, яка уражена радіацією [4].

За типом управління робототехнічні системи підрозділяються на:

- біотехнічні;
- автоматичні;
- інтерактивні.

Однією з основних тенденцій розвитку техніки є перехід від традиційної апаратури до електронних засобів на гнучких основах у рамках розвитку в усьому світі напряму гнучкої гібридної електроніки. В умовах мікромініатюризації електронних виробів застосування ГКС, до яких відносяться гнучкі електронні компоненти, елементи гнучкої електроніки, друковані плати й елементи міжз'єднань, забезпечує низку переваг під час створення як стаціонарних, так і рухомих конструкцій.

Однією з основних тенденцій приладобудування в усьому світі є створення пристроїв, які отримали загальну назву «гнучка електроніка». Таким чином, заміна жорстких компонентів апаратури на гнучкі з метою підвищення їх якості, функціональних можливостей, надійності та зменшення габаритно-масових характеристик (ГМХ), трудомісткості виготовлення, вартості, а також розробка технологічної оснастки для виробництва електронних модулів, що використовує особливості гнучких структур, є актуальними на даний час [6], [7].

У компонентах гнучкої гібридної електроніки використовуються плівкові діелектричні матеріали, гнучкі електронні компоненти та рухомі конструкції пристроїв мікросистемної техніки, гнучкі та гнучко-жорсткі багатошарові друковані плати та шлейфи, які об'єднані поняттям «гнучкі структури». У цьому застосуванні вони дозволяють вирішити питання більш щільного компонування вузлів апаратури, зниження ГМХ міжз'єднань [8].

Як діелектричні основи ГКС застосовуються найрізноманітніші полімерні матеріали: полієфіри, зокрема поліетилентерефталат, поліїмід, фторополімерні плівки, рідинно-кристалічні полімери і навіть термопластичні плівки, такі, наприклад, як поліетилен, полівініл хлорид і ін [9].

Для ГКС більшості груп електронних пристроїв використовується поліїмід. Поліїмід – це високотемпературний полімер. Поліїміди являють собою синтетичні полімери, які містять

імідні цикли [10].

У роботі розглядається модернізація комутаційної системи для мобільної платформи Keystudio 4WD BT Robot car V2.0 (рис. 2). Мобільний робот з Bluetooth управлінням від компанії Keystudio – це система розробки навчальних програм на базі контролера Arduino на мікроконтролері ATmega-328 у якості ядра. Він має функції відстеження лінії, запобігання зіткнення та об'їзду перешкод, ІЧ-пульта дистанційного керування, дистанційного керування Bluetooth та вимірювання та відстеження відстані до перешкоди. Також є світлодіодна матриця для відображення різних символів або емоцій робота. Також доступна візуальна система програмування.

Передбачається для з'єднання друкованих плат апаратної частини за допомогою гнучких шлейфів використання серії з'єднувачів XF2M виробництва OMRON для FPC-шлейфу з кроком 0,5 мм [11].

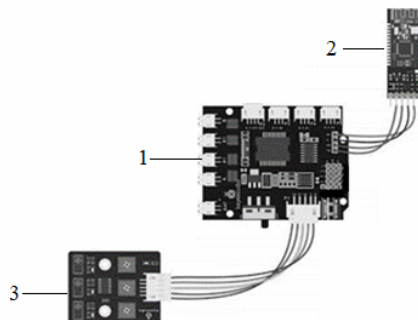
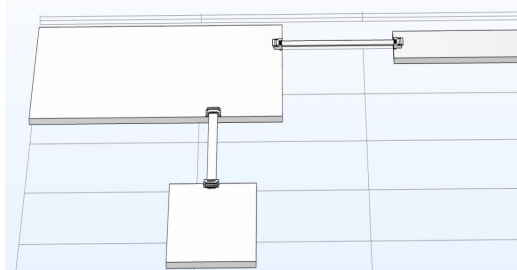
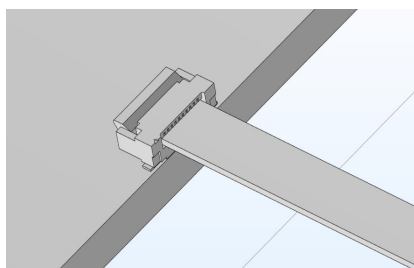


Рисунок 2 – Вузол комутаційних зв'язків мобільного робота Keystudio 4WD BT Robot car V2.0: 1) модуль Keystudio Motor Driver Shield; 2) модуль Keystudio HM-10 Bluetooth-4.0; 3) модуль Keystudio Line Tracking Sensor

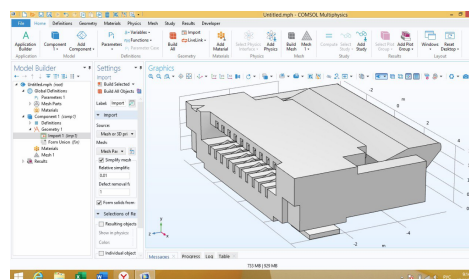
На рис. 3 зображена побудована у середовищі COMSOL Multiphysics модель вузла комутаційних зв'язків для мобільного робота Keystudio 4WD BT Robot car V2.0, модернізованого із застосуванням поліімідних ГКС.



а) загальний вигляд комутаційної системи



б) шлейф зі з'єднувачем XF2M



в) з'єднувач XF2M

Рисунок 3 – Модернізація вузла комутаційних зв'язків для мобільного робота Keystudio 4WD BT Robot car V2.0

ВИСНОВКИ. Останнім часом технологія приладобудування виходить з традиційного дизайну жорсткої електроніки в майбутнє гнучких форм-факторів. Розвиток гнучкої технології пропонує нові функціональні можливості, які раніше не були доступні, за допомогою гнучкої конструкції виробів.

Таким чином, за результатами проведеного аналізу особливостей існуючих мобільних роботів і переваг застосування у їх складі ГКС виконано побудову комп'ютерної моделі комутаційної системи мобільної робототехнічної платформи Keyestudio 4WD BT Robot car V2.0: з використанням поліімідних структур.

Подальшим завданнями дослідження будуть:

- моделювання вузла комутаційних зв'язків для мобільного робота Keyestudio 4WD BT Robot car V2.0 за допомогою середовища COMSOL Multiphysics на різні види впливів;
- розробка математичної моделі параметрів комутаційних структур на основі поліімїду.

ЛІТЕРАТУРА

1. Система управління робототехнічною платформою на основі радіомодуля та акселерометра [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://docviewer.yandex.ua/>.
2. Робототехнічні системи (РТС), їх структура [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://5fan.ru/wievjob.php?id=67484>.
3. KMR iiwa [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.kuka.com/ru-ru/продукция-услуги/мобильность/мобильные-роботы/kmr-iiwa>.
4. Шишов О. В. Элементы систем автоматизации: промышленные компьютеры: учебное пособие / О. В. Шишов. – М., Берлин: Директ-Медиа, 2015. – 98 с.
5. Bolkunievich_magistr.pdf [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/31794/1/Bolkunievich_magistr.pdf.
6. Jonathan E., Jack C., Chang L. Development of polyimide flexible tactile sensor skin / J. Micromech. Microeng. 2003; 13: 359–366.
7. Болотник Н. Н. Робототехнические системы / Н. Н. Болотник, А. А. Жуков, Д. В. Козлов // Мехатроника, автоматизация, управление. 2016. Т. 17, № 4. С. 233–239.
8. Технологічне забезпечення якості гнучких комутаційних структур: монографія / І. Ш. Невлюдов, І. В. Боцман, В. В. Невлюдова, Є. А. Разумов-Фризюк. – Кривий ріг: КК НАУ, 2018. 256 с.
9. Невлюдов І. Ш. Розробка параметричної моделі гнучких комутаційних структур для дослідження механічних впливів на них / І. Ш. Невлюдов, С. П. Новоселов, І. В. Боцман, Н. П. Демська // XVII Міжнародна науково-технічна конференція «Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об'єктів»: матеріали конференції (Кременчук, 2-4 листопада 2018 р.). – Кременчук: КрНУ, 2018. С. 141–143
10. Жарікова І. В. Експериментальні дослідження параметрів гнучких шлейфів під впливом факторів дестабілізації / І. В. Жарікова В. В. Невлюдова, А. С. Боцман. Технологія приладобудування. Харків: НДТІП, 2016. С. 47–49.
11. XF2M – серия разъемов производства OMRON [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.kosmodrom.com.ua/prodlist.php?name=xf2m>.

Науковий керівник: Жарікова Ірина Володимирівна, к.т.н., доцент кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки.

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ

Мажара А. Є.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: andrii.mazhara@nure.ua

Анотація: в статті розглянуто, що собою представляє доповнена реальність, що входить до неї та існуючі типи доповненої реальності. Також, було розглянуто, як ця технологія впливає на навчання та вирішення задач на виробництві.

Ключові слова: доповнена реальність, тривимірний простір, віртуальна реальність, одночасна локалізація і побудова карти, САПР.

FEATURES OF AUGMENTED REALITY TECHNOLOGY

A. Mazhara

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky.av,14

E-mail: andrii.mazhara@nure.ua

Abstract: the article considers what is the augmented reality that is part of it and the existing types of augmented reality. Also, it was considered how this technology affects learning and solving task in production.

Key words: AR, 3D, VR, S.L.A.M., SAPR.

Існує принциповий розрив між багатством доступних нам цифрових даних та фізичним світом, у якому ми їх застосовуємо. Хоча реальність є тривимірною, безліч даних, якими ми змогли б користуватися для обґрунтування наших рішень та дій, залишаються на двовимірних сторінках та екранах. Ця прірва між реальним і цифровим світом обмежує нашу здатність користуватися потоком інформації та знань, отриманих мільярдами розумних, пов'язаних продуктів по всьому світу.

Доповнена реальність, набір технологій, які накладають цифрові дані і зображення на фізичний світ, обіцяє закрити цю прогалину і відкрити нові унікальні людські можливості. Хоча AR все ще не є загально розповсюдженою, але скоро все може змінитися. Згідно з оцінками, витрати на технологію AR в 2020 році досягли 60 мільярдів доларів. Технологія AR торкнеться компаній у всіх галузях і багато інших типів організацій, від університетів до соціальних підприємств. У найближчі місяці і роки це змінить те, як ми вчимося, приймаємо рішення і взаємодіємо з фізичним світом. Це також змінить те, як підприємства обслуговують клієнтів, навчають співробітників, проектують і створюють продукти, управляють своїми методами створення вартості і, в кінцевому підсумку, як вони конкурують.

Використання AR позитивно впливає на продуктивність людини в промислових умовах. Так наприклад, компанія Newport News Shipbuilding, що займається проектуванням і будівництвом авіаносців ВМС США, використовує AR ближче до кінця виробничого процесу для інспекції корабля, маркуючи для видалення сталеві конструкції, які не є частиною готового авіаносця. Історично склалося так, що інженерам доводилося постійно порівнювати реальний корабель зі складними двовимірними кресленнями. Але з AR тепер вони можуть бачити остаточний дизайн, накладений на корабель, що скорочує час перевірки на 96% – з 36 годин до 90 хвилин. В цілому, економія часу на 25% і більше типова для виробничих завдань з використанням AR [1].

Для AR може використовуватися певний діапазон даних (зображення, анімація, відео, 3D-моделі), і люди будуть бачити результат як в справжньому, так і в штучному світі. Крім того,

користувачі усвідомлюють, що знаходяться в реальному світі, в якому використовується комп'ютерний зір, на відміну від VR.

AR може відображатися на різних пристроях: екранах, окулярах, портативних пристроях, мобільних телефонах, налобних дисплеях. Вона включає в себе такі технології, як S.L.A.M. (одночасна локалізація та картографування), depth tracking (відстеження глибини за допомогою даних датчика, що обчислює відстань до об'єктів), а також камери, датчики, обробку та відображення [2].

Існують наступні типи доповненої реальності:

1. Маркерна AR. Деякі також називають це розпізнаванням зображень, оскільки для його сканування потрібен спеціальний візуальний об'єкт і камера. Це може бути що завгодно, від роздрукованого QR-коду до спеціальних знаків. У деяких випадках пристрій AR також обчислює положення і орієнтацію маркера для позиціонування контенту. Таким чином, маркер запускає цифрову анімацію для перегляду користувачами, і таким чином зображення можуть перетворюватися в 3D-моделі. Так, використовуючи AR і схему будь-якого пристрою можна відобразити його на екрані смартфона та ознайомитися з основними нюансами та складнощами при його збірці.

2. Безмаркерна доповнена реальність. Також відома як доповнена реальність на основі розташування та місцезнаходження, яка використовує GPS, компас, гіроскоп і акселерометр для надання даних на основі місця розташування користувача. Потім ці дані визначають, який контент AR ви знайдете або отримаєте в певній галузі. Це також може бути 3D-модель пристрою, що збирається на виробництві і використовуватися, як на етапі навчання робітників, так і на робочих етапах або відображення подій і інформації з робочих ліній.

3. Проекційна доповнена реальність. Проектування штучного зображення на фізичні поверхні в деяких випадках дозволяє взаємодіяти з ним. Це голограми, що визначають взаємодію користувача з проектом щодо його змін.

4. AR на основі накладання. Заміняє вихідний вигляд на розширений, повністю або частково. Розпізнавання об'єктів відтворює ключову роль, без нього концепція просто неможлива. Прикладом такої доповненої реальності є можливість користувачам розміщувати віртуальні предмети у реальному просторі.

AR вже змінив визначення інструкцій, тренінгів та коучингу. Ці критично важливі функції, які підвищують продуктивність праці, по своїй природі є дорогими і трудоємкими та часто дають неоднакові результати. Наприклад, письмові інструкції по збірці часто складні та займають багато часу. Стандартні навчальні відеоролики не є інтерактивними і не можуть адаптуватися до індивідуальних потреб навчання [3].

Доповнена реальність вирішує ці проблеми, надаючи знання у реальному часі на місці, де виконуються візуальні вказівки щодо таких завдань, як збірка продуктів, робота машин та підбір складу. Складні двомірні схематичні представлення процедур у керівництві, наприклад, становлять інтерактивні тривимірні голограми, які проводять користувача через необхідні процеси. Мало що залишається уяві або інтерпретації.

По суті, сила доповненої реальності залежить від того, як люди обробляють інформацію. Ми отримуємо доступ до інформації через кожне з наших п'яти органів чуття, але з різною швидкістю. Зір дає нам найбільше інформації на сьогоднішній день: приблизно 80-90% інформації, яку отримують люди, отримують через зір.

Поєднання швидкості, з якою інформація передається і засвоюється, і когнітивної дистанції, необхідної для її застосування, лежить в основі часто повторюваною фрази «Картинка коштує тисячі слів». Коли ми дивимося на фізичний світ, ми майже миттєво поглинаємо величезну кількість різноманітної інформації. Точно так же зображення або картинка, які накладають інформацію на фізичний світ, поміщаючи її в контекст для нас, скорочують когнітивну дистанцію і зводять до мінімуму когнітивне навантаження [4].

Це пояснює, чому AR така потужна. Немає кращого графічного інтерфейсу, ніж фізичний світ, який ми бачимо навколо нас, коли він доповнюється цифровим накладанням

відповідних даних та вказівок там, де і коли вони необхідні. AR усуває залежність від позаконтекстної і важко оброблюваної двовимірної інформації на сторінках і екранах, значно покращуючи нашу здатність розуміти і застосовувати інформацію в реальному світі.

Хоча інженери впродовж 30 років використовували можливості автоматизованого проектування (САПР) для створення тривимірних моделей, вони обмежувалися взаємодією з цими моделями через двовимірні вікна на екранах комп'ютерів, що ускладнювало їх повноцінне використання та концептуалізацію дизайну. AR дозволяє накладати 3D-моделі на фізичний світ як голограми, підвищуючи здатність інженерів оцінювати та вдосконалювати дизайн. Наприклад, 3D-голограму будівельної машини в натуральну величину можна розташувати на землі, і інженери можуть обходити її, оглядати під нею і над нею, і навіть заходити всередину неї, щоб повністю оцінити лінії огляду та ергономіку її розробки в повному масштабі в очікуваних умовах [5].

AR також дозволяє інженерам накладати моделі САПР на фізичні прототипи, щоб порівняти, наскільки добре вони відповідають стандартам. Так можна використовувати AR для візуального порівняння різниці між останнім дизайном і прототипом, що дає змогу перевіряти узгодженості в цифрових оглядах дизайну. Це підвищує точність процесу забезпечення якості, в якому раніше інженерам доводилося ретельно порівнювати двомірні креслення з прототипами, і робить його в 5-10 разів швидше [6].

У виробництві процеси часто бувають складними, вимагають сотень або навіть тисяч кроків, а помилки обходяться дорого. Доповнена реальність може надавати потрібну інформацію в той момент, коли вона необхідна робітникам на складальних лініях, скорочуючи кількість помилок, підвищуючи ефективність і підвищуючи продуктивність.

Також можливо використовувати AR для збору інформації з систем автоматизації і управління, вторинних датчиків і систем управління активами та робити видимими важливі дані моніторингу і діагностики кожної машини або процесу. Перегляд такої інформації, як ефективність і відсоток браку в контексті, допомагає технічним фахівцям з обслуговування зрозуміти проблеми і спонукає робітників проводити профілактичне обслуговування, яке може запобігти дорогим простоям [7].

Отже, головна особливість AR полягає у тому, що ця технологія значно знижує кількість помилок і збільшує продуктивність на підприємствах та і взагалі у всіх сферах її використання, що позитивно відображається на її розвитку і впровадженню у все більшу кількість процесів, що можуть бути автоматизовані.

ЛІТЕРАТУРА

1. Карміньяні, Дж., Фурт, Б., Анісетті, М., Чераволо, П., Даміані, Е. і Івкович М. Технології, системи та додатки доповненої реальності. Мультимедійні інструменти і додатки – 2011. – С.: 302-314.
2. Чандар, Дж., Томас, Г.А. і Стрікер, Д. Проект MATRIS: Безмаркерне відстеження камери в реальному часі для додатків доповненої реальності і віщання. Журнал Обробка зображень в реальному часі. 2007. С.: 54–62.
3. El Kabtane, H., Sadgal, M., El Adnani, M. and Mourdi, Y. Підхід доповненої реальності для інтеграції практичних занять в системі електронного навчання. 2016. С.: 114–119.
4. F. Lu, D. Yu, H. Liang, W. Chen, K. Papangelis, and N. M. Ali. Evaluating engagement level and analytical support of interactive visualizations in virtual reality environments. In IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR). 2018. pp.: 143–152.
5. Y. Wu, L. Chan, and W. Lin. Tangible and visible 3D object reconstruction in augmented reality. In IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR). 2019. pp. 26–36.
6. Fite-Georgel P. Is There A Reality in Industrial Augmented Reality, Mixed and Augmented Reality (ISMAR) – 2011. pp.: 181–195.
7. Chen, C.J., Hong, J. і Wang, S.F. Автоматизоване позиціонування віртуальної 3D-сцени в системі керування збіркою та демонтажем на основі AR. Міжнародний журнал передових технологій виробництва. 2014. С.: 682–690.

Науковий керівник: Новоселов Сергій Павлович, к.т.н., професор кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ БІО-ПРИЛАДІВ НА ОСНОВІ MEMS

М. Ю. Білоус, К.Г. Медова

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: maryna.bilous@nure.ua, kateryna.medova@nure.ua

У даній статті розглядаються сучасні біо-прилади на основі MEMS. Розглянуто використання MEMS у медицині. Проаналізовано такі біо-прилади як мікронасоси, мікророботи, phase maker. В результаті аналізу виявлені основні особливості. Зроблено висновки щодо прогресу біо-приладів на основі MEMS.

Ключові слова: MEMS, мікророботи, біо-прилади, технології.

ANALYSIS OF MODERN BIO-DEVICES BASED ON MEMS

M. Bilous, K. Medova

Kharkiv Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av, 14

E-mail: maryna.bilous@nure.ua, kateryna.medova@nure.ua

This article discusses modern bio-devices based on MEMS. The use of MEMS in medicine is considered. Such bio-devices as micro pumps, micro robots, and phase maker are analyzed. As a result of the analysis, the main features were identified. Conclusions are drawn about the progress of bio-devices based on MEMS.

Keywords: MEMS, microrobots, bio-devices, technologies.

Мікроелектромеханічні системи (MEMS) – пристрої, що об'єднують в собі мікроелектронні і мікромеханічні компоненти [1]. Зараз досить важко зустріти системи в яких не використовуються датчики, виконані за даною технологією.

Ці системи здатні сприймати, контролювати і приводити в дію в мікромасштабі і функціонувати, працювати індивідуально або в масивах для створення ефектів в макромасштабі. З початку середини 1970-х років MEMS (мікроелектромеханічні системи) перетворилися на інноваційну технологію, створивши нові можливості в фізичних, хімічних і біологічних датчиках і виконавчих пристроях [2]. Незважаючи на те, що технологія MEMS виникає з технологій виготовлення мікросхем, методи випробувань обох технологій значно відрізняються один від одного. Це пов'язано з тим, що MEMS-пристрої реагують як на електричні, так і на неелектричні (фізичні, хімічні, біологічні та оптичні) стимули.

Технології просунулися до такої міри, що на сьогодні можна створювати машини настільки маленькі, що їх неможливо побачити людським оком. Типовий розмір MEMS-пристроїв зазвичай вимірюється в мікрометрах або навіть мікронах. Використовуючи ті ж технології виготовлення, що і при створенні мікропроцесорів, тепер можна створювати датчики і виконавчі механізми на одному мікроскопічному рівні з процесорним чіпом. Вимірювані в мікронах теплові датчики, датчики тиску, інерційні датчики, датчики витрати і в'язкості, резонатори, важелі, шестерні, системи передачі, мікрозеркала, клапани, насоси, двигуни можуть бути виготовлені серійно разом на одному чіпі з блоком обробки. Вони дійсно складають систему на чіпі. Ця технологія відкриває абсолютно нову область застосування, обмежену, можливо, тільки уявою.

Можна робити медичні та біомедичні пристрої настільки маленькими, що їх можна вводити в кровотік людини. Вони можуть вибірково вбивати хворі клітини або мікроби, залишаючи здорові тканини тіла недоторканими. Вони можуть розумно контролювати вміст речовин у крові та випускати ліки, коли це необхідно. Мікрохірургії надають нового

значення інтелектуальні МЕМС-пристрої. Керовані зовнішніми центральними комп'ютерами, пристрої мікрохірургії МЕМС можуть виконувати операції всередині людського тіла без будь-яких порізів на шкірі. Через деякий час, можливо, навіть зможуть провести обробку і секвенування ДНК прямо на місці.

Пристрої МЕМС можна розділити на наступні шість різних типів залежно від основних областей застосування. До них відносяться:

1) Датчики. Цей клас МЕМС виготовлений для сприйняття змін і взаємодії з навколишнім середовищем. Ці класи МЕМС містять хімічні, датчики руху, інерції, теплові та оптичні датчики.

2) Виконавчі механізми. Такого роду пристрої створюються для подачі живлення або для активації інших компонентів. У МЕМС приводи приводяться в дію або електростатично, або термічно.

3) RF МЕМС. Ці пристрої використовуються для зміни або передачі височастотних або радіочастотних сигналів. Деякі відмінні пристрої включають в себе: металеві контактні вимикачі, шунтуючі вимикачі, перебудовуються конденсатори, антени і т.д.

4) Оптичні МЕМС. Вони виготовлені для направлення, відображення, фільтрації та/або посилення світла. До них відносяться оптичні перемикачі та відбивачі.

5) Мікрофлюїдні МЕМС. Це ті пристрої, які призначені для взаємодії з рідинними середовищами. Деякі пристрої, такі як насоси та клапани, були розроблені для переміщення, виштовхування та змішування невеликих об'ємів рідини.

6) Біо-МЕМС. У цій категорії пристрої призначені для взаємодії з білками, біологічними клітинами, медичними реагентами і т.д. і може бути використаний для доставки ліків або інших в будь-якій ситуації медичного аналізу.

Нова технологія, яка використовується при виготовленні біо-МЕМС – це технологія, яка передбачає використання механічних мікроінструментів [3, 4]. Причина використання цього методу полягає в точності й ефективності.

При виготовленні більшості біо-МЕМСів використовуються неорганічні матеріали, такі як скло або пластик, але з розвитком технологій виробники вважають за краще використовувати кремній для виготовлення біо-МЕМСів, оскільки його легко виготовити, він доступний в достатку і довговічний по порівнянню зі склом і пластиком.

Навіть незважаючи на те, що багато біо-МЕМСів використовують кремній для виготовлення, деякі застосування біо-МЕМС вимагає виготовлення біо-МЕМСів з використанням різних типів полімерів, так як це економічно вигідно і скорочує витрати часу при виготовленні.

Невелике застосування біо-МЕМС з полікристалічного кремнію пояснюється тим, що вони використовуються в медичній сфері, яка пов'язана з людськими тканинами і клітинами білка, які можуть блокувати датчики. Такі датчики виготовлюються з кремнію, скла або пластику – знижує ефективність і довговічність біо-МЕМС і тому, в результаті, немає бажаного результату.

Розглянемо такий медичний МЕМС пристрій, як мікронасос.

Старий і застарілий метод доставки ліків в організм людини складається або в їх проковтуванні, введенні в кровотік, або в втягуванні ліків через ніс, який використовувався з ранніх століть людства [4].

Але з розвитком технологій і часом мікронасоси були розроблені для ефективної доставки ліків в організм людини.

Мікронасоси – це мікроелектронні пристрої, які використовуються для доставки ліків в організм людини точним і ефективним способом і в потрібний час. На рисунку 1 показана система доставки ліків за допомогою мікронасосів [5].

Існує два типи мікронасосів:

- механічні мікронасоси;
- немеханічні мікронасоси.

У 1-му типі ліки закачуються в організм людини за допомогою п'єзоелектричного приводу.

2-й тип не має механічного руху і, отже, повинен перетворити немеханічний рух в механічний, щоб закачати ліки в організм людини (рис. 1).



Рис. 1. Приклад системи доставки ліків за допомогою мікронасосів

Далі розглянемо особливості мікророботів, як біо-елементів МЕМС (рис. 2, а, б) [4].

Мікророботи – це новітнє застосування біо-МЕМС, яке використовується в медичній науці і має значно менші розміри, так як воно вводиться в частини людського тіла.

Мікророботи працюють таким чином, що, як тільки вони вводяться в організм людини, вони роблять медичні операції і процедури менш болючими і зменшують численні медичні ускладнення для пацієнта під час і після операцій. Це також допомагає пацієнту з часом відновлення і зменшує будь-яку післяопераційну інфекцію.

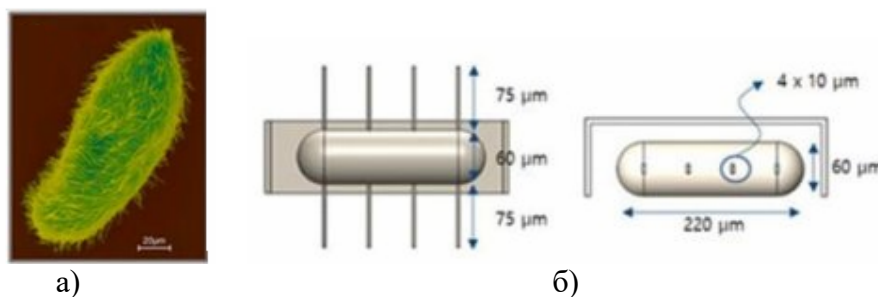


Рис. 2. Мікророботи-інфузорії: а) загальний вид; б) структура

Особливість в тому, що мікророботи дуже маленького розміру (в сантиметрах) і можуть бути змінені до потрібного розміру в залежності від місця в організмі, в яке їх необхідно ввести.

Мікророботи часто застосовуються при складних операціях, таких як видалення ракових клітин, видалення каменів з сечового міхура і т. д. [5].

Дослідники розробили мікророботів, які можуть бути введені в організм через кровотік людини, де присутня ракова клітина, і за допомогою вбудованих функцій можуть усунути її, не завдаючи шкоди організму. Ці пристрої генетично модифіковані, щоб атакувати пухлину і ракові клітини в організмі.

Мікророботи використовують унікальний метод доставки ліків в уражену пухлиною частину, щоб видалити і залишити хороші клітини в спокої, не викликаючи будь-який збиток, нанесений їм. Цей метод дозволяє пацієнтам не проходити тижні хіміотерапії, уникнути випадіння волосся, втрати смаку та інших побічних ефектів.

Побічним ефектом є те, що він може ідентифікувати тільки величезні ракові клітини, присутні в організмі, і не помічають невеликі пухлини в молочній залозі і передміхуровій залозі.

Наступний «МЕМС біо-прилад» – Phase Maker.

Phase Maker – це електронний пристрій, який імплантується в організм людини для лікування проблем з ритмом серцебиття. Серце може битися занадто швидко або в повільному темпі [6]. Цей електронний пристрій посилає електричний імпульсний сигнал в передсердя, щоб змусити серце пацієнта битися в нормальному темпі (65-110 ударів в хвилину).

Але звичайний розмір виробника фаз дуже величезний і включає в себе безліч електронних елементів для його виготовлення.

З розвитком технологій мікроелектромеханічна система змогла значно зменшити кількість електронних елементів і зробила її більш компактною, ніж старе пристрій. За старою технологією виробників фаз в ньому була одна камера з фіксованою швидкістю електричного імпульсу до серця пацієнта, щоб стабілізувати його. З іншого боку, мікроелектромеханічна система на основі фази. Виробник має дві камери з гнучкою частотою електричних імпульсів, що посилюються в серце людини для його стабілізації.

Виробники фаз на основі мікроелектромеханічних систем є більш надійними, стабільними і високоефективними по порівнянні з виробниками фаз з однією камерою. Фаза на основі мікроелектромеханічної системи більш економічна, споживає менше енергії і дає ефективні результати.

Фаза з гнучкою ставкою більш затребувана, ніж фази з фіксованою ставкою, тому що гнучкі фази швидкі і можуть відповідати серцевим потребам людського організму, враховуючи також рівень холестерину. Як й у випадку з фазометрами з фіксованою частотою, вона забезпечує фіксовану частоту електричних імпульсів для людського організму незалежно від серцевих потреб людини.

Фази гнучкого ритму дуже корисні для тих людей, у яких відсоток жиру в організмі дуже високий, а серце не б'ється з необхідною частотою навіть після важкого тренування.

Датчик прискорення (PEA) і датчик активності використовуються у виробниках фаз з гнучкою швидкістю для забезпечення електричний імпульс, заснований на вимогах конкретного людського організму.

В результаті, виділено наступні переваги біо-MEMS:

- ефективний спосіб доставки ліків;
- виконує складні завдання, не завдаючи шкоди організму людини, незалежно від розміру елемента;
- маленький розмір фаз, що робить їх більш компактними;
- може виконувати безліч функцій всередині людського організму через регулярні проміжки часу або повністю автоматично, або напівавтоматично і забезпечує зворотній зв'язок.

Важливість біо-MEMS полягає в тому, що вона може виконувати різні задачі в галузі медицини. Він повністю точний і виключно надійний. Існує безліч застосувань біо-MEMS в галузі медичної науки, і лише деякі з них були наведені в цій статті для того, щоб проаналізувати сучасні біо-MEMS.

Таким чином, масштаби розробок в області біо-MEMS величезні, і постійно проводяться нові дослідження, спрямовані на пошук нових застосувань та для модифікації існуючих технологій, що надалі надасть можливість зробити медичні процедури простими й економічно-ефективними в майбутньому.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Grüger H. MOEMS and MEMS-Technology, Benefits & Uses. // Portable Spectroscopy and Spectrometry 1: Technologies and Instrumentation. – 2021. – №1. – P. 89-113.
2. Menon K., Joy R.A., Sood N. et al. The Applications of BioMEMS in Diagnosis // Cell Biology and Therapy: A Review. BioNanoSci. – 2013. – №3. – P. 356-366.
3. Rohan E., Vura S. A Study on Medical Applications of MEMS Technology (Bio-MEMS) // Journal of Control & Instrumentation. – 2021. – Т. 12. – №. 1. – С. 1-5.
4. Микророботы-инфузории - самые быстрые и маневренные микророботы, способные действовать внутри живого организма // Nanonewsnet. – 2016.

5. Santra T. S. (ed.). Microfluidics and Bio-MEMS: Devices and Applications. – CRC Press, 2020.
6. Федоров Д. В. и др. Применение микроэлектромеханических систем в медицине // Евразийское Научное Объединение. – 2017. – Т. 1. – №. 4. – С. 65-68.

Науковий керівник: Сотник Світлана Вікторівна, доцент кафедри КІТАМ, Харківського національного університету радіоелектроніки

УДК 658.012

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ АДМІНІСТРУВАННЯ В АВТОМАТИЗОВАНИХ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМАХ

Посашков О. Ю.

Харківський національний університет радіоелектроніки
Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14
E-mail: oleg.posashkov@nure.ua

Анотація: Проаналізовані різновиди рішень з автоматизації адміністративних завдань у корпоративних комп'ютерних мережах виробничих систем. Для розв'язання задачі запропоновано використовувати технологію скриптів (сценаріїв), яка дозволяє реалізувати автоматичне виконання завдань адміністрування. Оцінку завантаження мережі задачами адміністрування здійснено засобами аналітичного моделювання.

Ключові слова: моделювання мережі, аналітичне моделювання, імітаційне моделювання, автоматизація.

SIMULATION OF MANAGEMENT PROCESSES IN AUTOMATED PRODUCTION SYSTEMS

O. Posashkov

Kharkiv National University of Radio Electronics
Ukraine, 61166, Kharkiv, 14 Nauki Ave.
E-mail: oleg.posashkov@nure.ua

Abstract: Varieties of solutions for automation of administrative tasks in corporate computer networks of production systems are analyzed. To solve the problem, it is proposed to use the technology of scripts (scripts), which allows you to automatically perform administrative tasks. Estimation of network loading by administration tasks is carried out by means of analytical modeling.

Key words: network modeling, analytical modeling, simulation modeling, automation.

Характерною особливістю сучасних виробничих систем є їх комплексна автоматизація. Автоматизація сприяє підвищенню ефективності процесів планування й управління виробничими системами, їх конкурентоспроможності. Вона здійснюється на всіх рівнях управління: на нижньому (виконавчому) – для операцій, що регулярно повторюються (конвеєрне виробництво, підтримання параметрів середовища та режимів роботи в заданому діапазоні); на середньому (тактичному) – розподіл завдань між компонентами нижнього рівня (процеси планування й управління ресурсами та даними); на верхньому (стратегічному) – менеджмент підприємства, аналітика та прогнозування [1].

Основу інфраструктури технологій автоматизації виробничих систем складають корпоративні комп'ютерні мережі. Зростання складності програмного забезпечення, що використовується в мережах, призводить до суттєвого ускладнення процедур розв'язання задач їх адміністрування. Сучасні підходи до вирішення цієї проблеми ґрунтуються на автоматизації процедур віддаленого адміністрування [2–3]. З цією метою була створена технологія, що реалізує віддалений доступ. Проте, для адміністрування мереж з великою кількістю комп'ютерів тільки віддаленого адміністрування вже недостатньо. Дотепер для

вирішення системних завдань створено багато оболонок, що дозволяють проводити віддалену роботу за рахунок автоматизації управління мережею. Кожна така програма ефективно виконує свій набір завдань, проте її використання потребує придбання відповідних ліцензій [4].

В даний час все більш широке застосування для розв'язання цієї проблеми знаходить технологія скриптів (сценаріїв), які дозволяють реалізувати автоматичне виконання завдань адміністрування. Якщо готового сценарію немає, користувач виконує ці дії «вручну» з відповідними витратами часу і можливостями появи помилок. Для написання сценаріїв використовуються спеціальні скриптові мови програмування, які реалізують набори лексичних, семантичних і синтаксичних правил для створення і редагування скриптів [5].

Перед тим, як використовувати сценарії, необхідно раціонально побудувати і налаштувати мережу, що передбачає розв'язання множини задач від адаптації структури та параметрів мережі до комплексного аналізу варіантів її адміністрування. Для вибору найкращого варіанту адміністрування серед альтернативних необхідно попередньо визначити оцінки їх характеристик. Оскільки події, що відбуваються в таких мережах, мають випадковий характер, то для їх дослідження пропонується використати ймовірнісні аналітичні й імітаційні моделі теорії масового обслуговування [6–8]. Аналітичні моделі на першому етапі дозволяють з незначними витратами часу визначити наближені оцінки багатьох варіантів технологій адміністрування досліджуваної мережі.

Корпоративна мережа може бути представлена у вигляді сукупності вузлів, з'єднаних каналами зв'язку (рис. 1). Традиційно структуру корпоративної комп'ютерної мережі представляють у вигляді графа, як сукупності вершин і з'єднуючих їх гілок.

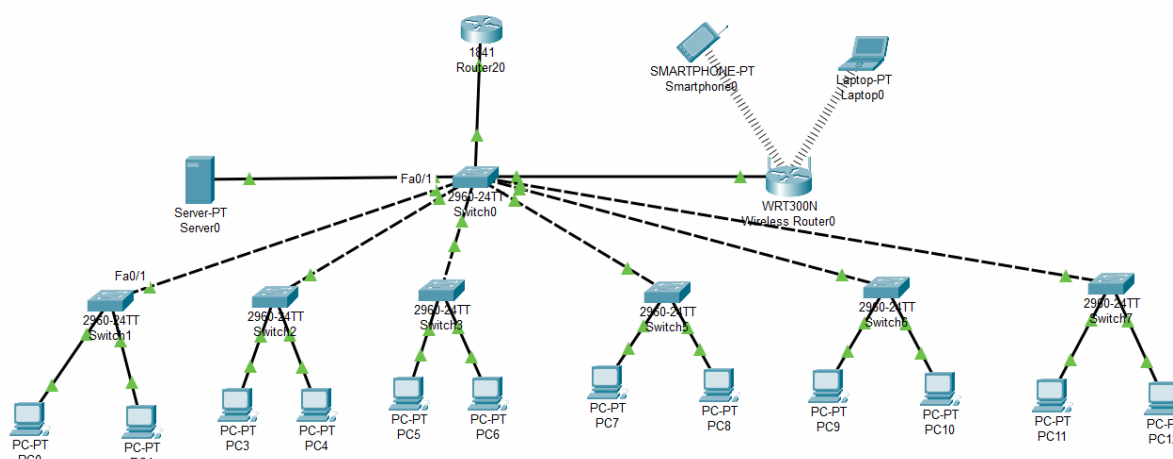


Рисунок 1 – Структура досліджуваної корпоративної мережі

Повідомлення, яке прийшло в вузол, чекає деякий час до того, як воно буде оброблено. При цьому може утворюватися черга повідомлень, які чекають на обробку.

Час передачі або час затримки повідомлення D дорівнює:

$$D = T + S + W, \quad (1)$$

де T , S , W – відповідно, час поширення, час обслуговування і час очікування виконання завдання.

Середнє значення довжини черги Q при заданій середній входній частоті повідомлень λ і середньому часу очікування W визначається на основі теореми Літла:

$$Q = \lambda W. \quad (2)$$

Для варіанту $M/G/1$ входний процес характеризується розподілом Пуассона зі швидкістю надходження повідомлень λ . Можливість надходження k повідомлень за час t дорівнює:

$$P(k) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} = e^{-\lambda t}, \quad k=0,1,2,\dots \quad (3)$$

Нехай: N – кількість запитів у системі, Q – кількість запитів у черзі і нехай ймовірність того, що запит, який надійшов, виявиться у черзі j інших запитів, дорівнює:

$$P_j = P[n = j], \quad j = 0, 1, 2, \dots, \quad \sum_{j=0}^{\infty} P_j = 1, \quad P_j = 1 - r; r = \lambda t. \quad (4)$$

Тоді середній час очікування W (формула Поллажека – Хінчина):

$$W = \frac{Q}{\lambda} = \frac{pt}{2(1-p)} \left(1 + \frac{\sigma^2}{\tau^2}\right). \quad (5)$$

де σ – середньоквадратичне відхилення для розподілу часу обслуговування.

Для варіанту $M/G/1$ $H(t) = P[X \leq t] = 1 - e^{-\mu t}$ (H – функція розподілу часу обслуговування). Звідки випливає $\sigma^2 = \tau^2$:

$$W = \frac{p\tau}{1-p}. \quad (6)$$

Для варіанту черзі $M/D/1$ час обслуговування постійний, а середній час очікування становить:

$$W = \frac{p\tau}{2(1-p)}. \quad (7)$$

Для варіанту мережі Ethernet на основі схеми «концентратор–перемикач» з кількістю каналів N у передбаченні, що повідомлення на вході всіх вузлів мають пуассоновський розподіл з середньою інтенсивністю λi , будемо мати довільний розподіл повідомлень по довжині. Середній час очікування для моделі $M/G/1$ випадку дорівнює:

$$W = y + \frac{\lambda y^2}{1-p}, \quad (8)$$

$$p = \frac{\lambda S}{1 - (N-2)G\lambda S}, \quad y = [1 + (N-2)pG]S. \quad (9)$$

Після цього необхідно дослідити процес передачі даних з сервера на персональний комп'ютер. Для початку перевіримо мережу, а точніше перевіримо комутацію сервера і 5-го комп'ютера (рис. 2).

Потім необхідно відправити PDU (рис. 3). PDU – це фактично вихідні дані плюс інформація заголовка протоколу або інформація керування рівнем, що відповідає моделі OSI. Це дозволить вивчити властивості одноадресної передачі, широкомовної та багатоадресної розсилки. Трафік у мережі найчастіше є одноадресним. Коли комп'ютер надсилає ICMP на віддалений маршрутизатор, адресу джерела в заголовку IP-пакета являє собою IP-адресу комп'ютера, що відправляє. Адреса призначення в заголовку IP-пакету це IP-адреса інтерфейсу на віддаленому маршрутизаторі. Пакет надсилається лише до потрібного місця призначення.

На заключному етапі для отримання більш точної та повної інформації щодо найкращого з розглянутих варіантів адміністрування пропонується використати імітаційне моделювання. При цьому поведінка мережі імітується як поведінка сукупності складових елементів, пов'язаних в єдине ціле [6]. Обчислювальна реалізація такої моделі починається з вхідного елемента, далі проходить по всіх елементах, поки не буде досягнутий вихідний елемент моделі.

Цей етап може реалізуватися за допомогою багатьох сучасних інструментальних засобів моделювання та опису проектів мереж. Для розв'язання задачі, як один з відносно простих і ефективних, обрано пакет Cisco Packet Tracer. Cisco Packet Tracer – це багатофункціональна програма моделювання мереж, яка дозволяє експериментувати з поведінкою мережі та оцінювати можливі сценарії. Вона здатна моделювати велику кількість пристроїв різного призначення, а також багато різних типів зв'язків, що дозволяє досліджувати мережі будь-якого розміру на високому рівні складності.

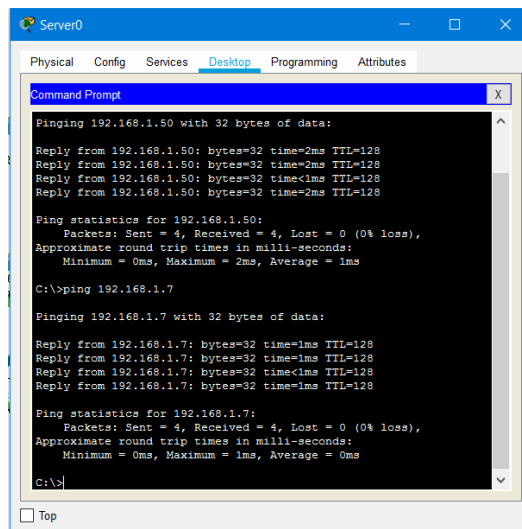


Рисунок 2 – Екранна форма з результатами перевірки комутації сервера і комп'ютера

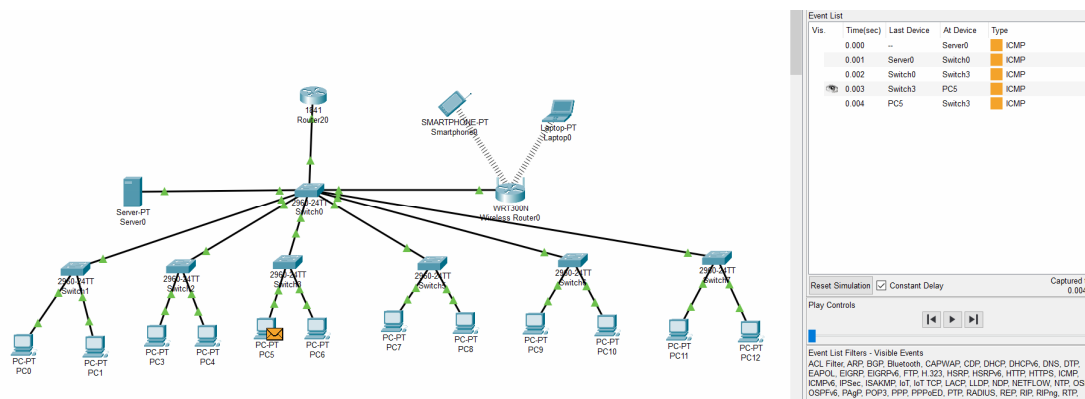


Рисунок 3 – Схема передачі PDU з сервера на комп'ютер

Практичне використання запропонованої технології моделювання процесів автоматизації адміністративних задач в корпоративних комп'ютерних мережах дозволяє підвищити продуктивність, скоротити час виконання процесів, знизити витрати, збільшити точність і стабільність виконуваних операцій в системі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Автоматизация производства. URL: <https://www.exponent.ru/articles-of-exhibitions/2016/avtomatizaciya-proizvodstva/> (дата звернення 15.11.2021).
2. Пахомов С. Программы удаленного управления локальной сетью. URL: <https://compress.ru/article.aspx?id=17370> (дата звернення 15.11.2021).
3. Олифер В. Г., Олифер Н. А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. С-Пб: Питер, 2016. 822 с.
4. Администрирование локальных сетей. URL: https://spravochnik.ru/bazy_dannyh/administrirovanie_lokalnyh_setey/ (дата звернення 15.11.2021).

5. Коробков И. В. Администрирование сетей Windows с помощью сценариев. С-Пб: Питер, 2007. 355 с.
6. Замятина О. М. Моделирование сетей. С-Пб: Питер, 2016. 944 с.
7. Лазарев Ю. Ф. Моделирование на ЕОМ. Київ: «Корнійчук», 2007. 311 с.
8. Таха Х.А. Введение в исследование операций. М.: Издательский дом "Вильямс", 2007. С.:917 с.

***Науковий керівник:** Безкороваий Володимир Валентинович, д.т.н., професор кафедри системотехніки Харківського національного університету радіоелектроніки.*

УДК 004.31:621.3

РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ВСТАНОВЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ НА ДРУКОВАНУ ПЛАТУ

Рогачов А. С.

Харківський національний університет радіоелектроніки
Харків, 61166, Харків, пр. Науки 14,
E-mail:anton.rohachov@nure.ua

Анотація: в статті розглянуто питання призначення систем автоматичного розташування елементів, їх переваги та вимоги.

Ключові слова:автоматичне встановлення елементів, друкована плата, електронна апаратура.

DEVELOPMENT OF THE AUTOMATED SYSTEM OF PLACEMENT ELEMENTS ON THE PCB

A. Rohachov

Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, 61166, Kharkiv, NaukiAve. 14,
E-mail: anton.rohachov@nure.ua

Annotations: tells about the purpose of automated systems of placement elements, its advantages and requirements.

Keywords: automatic placement of elements, printed circuit board, electronic equipment.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. В складально-монтажному виробництві електронної апаратури (ЕА) задачі освоєння нових технологій та автоматизації виробництва особливо актуальні, тому як до сих пір ручна праця займає значну долю у виробництві.

При функціонально-блоковому принципі конструювання ЕА основним елементом конструкції стали блоки на друкованих платах (ДП), звані типовими елементами збірки. Автоматизація операцій збірки і монтажу в значній мірі дозволяє збільшити продуктивність технологічних процесів, підвищити якість виробів, вирішити ряд соціальних і екологічних проблем.

Використання автоматизованих систем встановлення елементів в залежності від її класу, дозволяє збільшити продуктивність праці до 100 разів за рахунок зниження трудомісткості виготовлення.

Автоматизовані системи встановлення елементів на друковану плату, зазвичай звані PickandPlace machines (машини захвату та розміщення), є машинами, які використовуються для розміщення елементів поверхневого монтажу на ДП. Вони використовуються для високошвидкісного і високоточного розміщення широкого спектра електронних компонентів, таких як конденсатори, резистори, інтегральні схеми та ін..

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Основні вимоги до конструкції та оснащення.

Для досягнення високої ефективності та конкурентоспроможності системи, що розробляється, їй необхідно відповідати наступним вимогам:

- собівартість верстату не більше ніж 2000\$;
- високі показники жорсткості конструкції, для отримання високих показників точності розташування елементів;
- робоча поверхня макету не менше, ніж 250мм x 350мм, для можливості роботи з друкованими платами великих розмірів;
- швидкість встановлення 2500 ел./год.;
- наявність системи технічного зору, для встановлення елементів з великою точністю;
- можливість встановлення наступних типів корпусів – SMD0805, SMD0603, SOIC-8, SOIC-16, SOT-223.

Під час аналізу аналогічних систем та підбору компонентів для верстату було розроблено структурну схему підключення модулів автоматизованої системи (рис. 1).

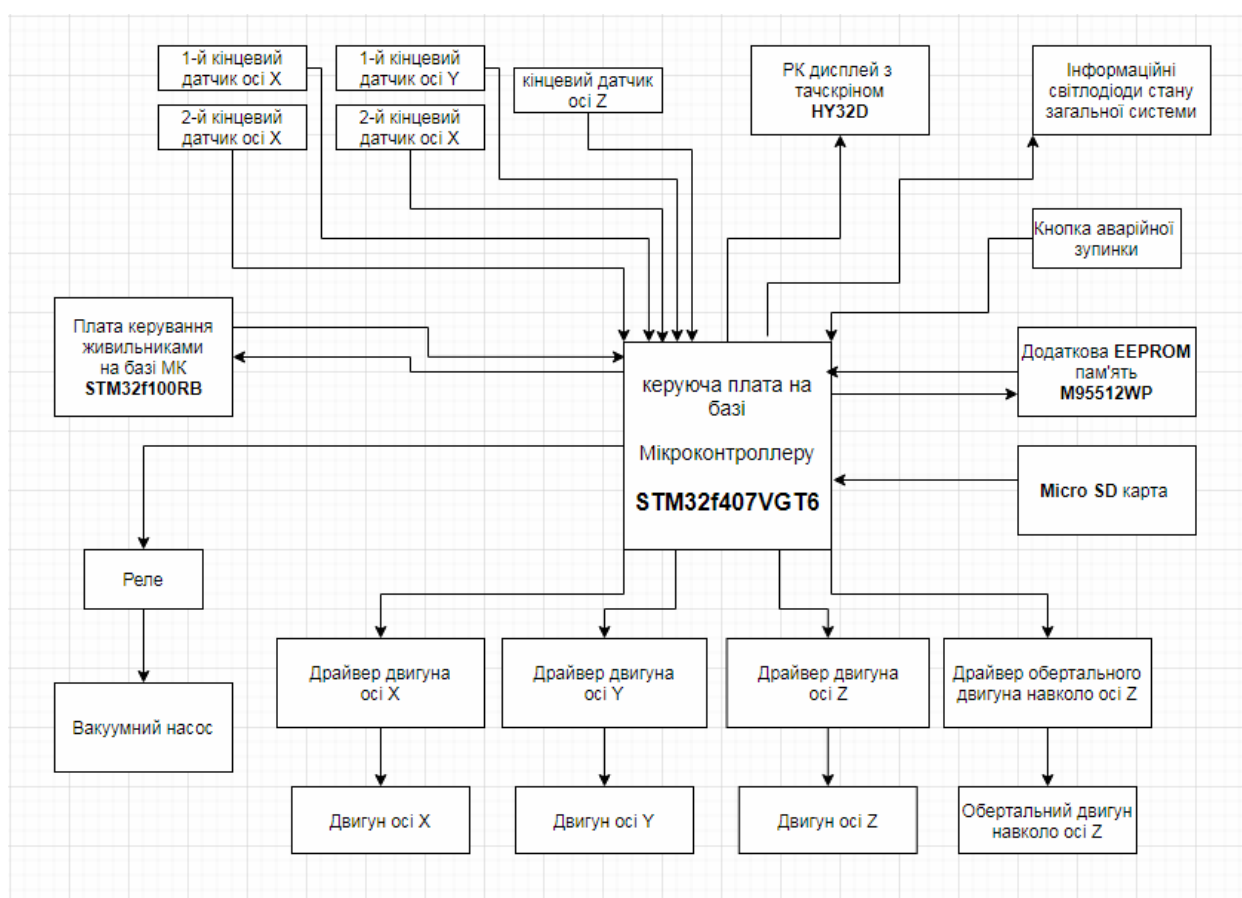


Рисунок 1 – Структурна схема

Згідно із структурною схемою, головна керуюча плата виконує наступні функції:

- переміщення виконавчого пристрою (вакуумної присоски) по осям X, Y, Z, та обертання навколо осі Z керуванням відповідними кроковими двигунами через драйвери крокових двигунів;
- вивід інформації та зчитування команд оператора через рідкокристалічний дисплей з сенсорним екраном;
- зчитування виконавчої програми з карти пам'яті MicroSD;
- зчитування та запис базових налаштувань у зовнішню пам'ять EEPROM;
- вивід інформації про загальний стан роботи системи на світлодіодні індикатори;

- опитування кінцевих датчиків для контролю роботи виконавчого пристрою суворо у заданих просторових межах;
- опитування кнопки аварійної зупинки для повної зупинки системи у випадку позаштатної ситуації.

За основу конструкції установки була обрана кінематика Head-XYZ. В даній кінематиці усі переміщення уздовж осей (X, Y, Z) виконуються самою робочою голівкою, що виправдовує себе у разі, коли необхідно отримати дуже точні переміщення і велику площу робочого простору по осях X та Y.

Також за цим принципом виготовляють 3D принтери, фрезерні верстати та лазерні гравери.

В обраній кінематиці, на відміну від кінематик CoreXY та H Bot, ремінні передачі встановлені незалежно одна від одної, завдяки чому ремені більш натягнуті на великій довжині направляючих і спрощується процес їх заміни при пошкодженні або виходу з ладу.

Для більш точного виготовлення та збірки деталей розроблена 3D модель верстату, яка зображена на рисунку 2.

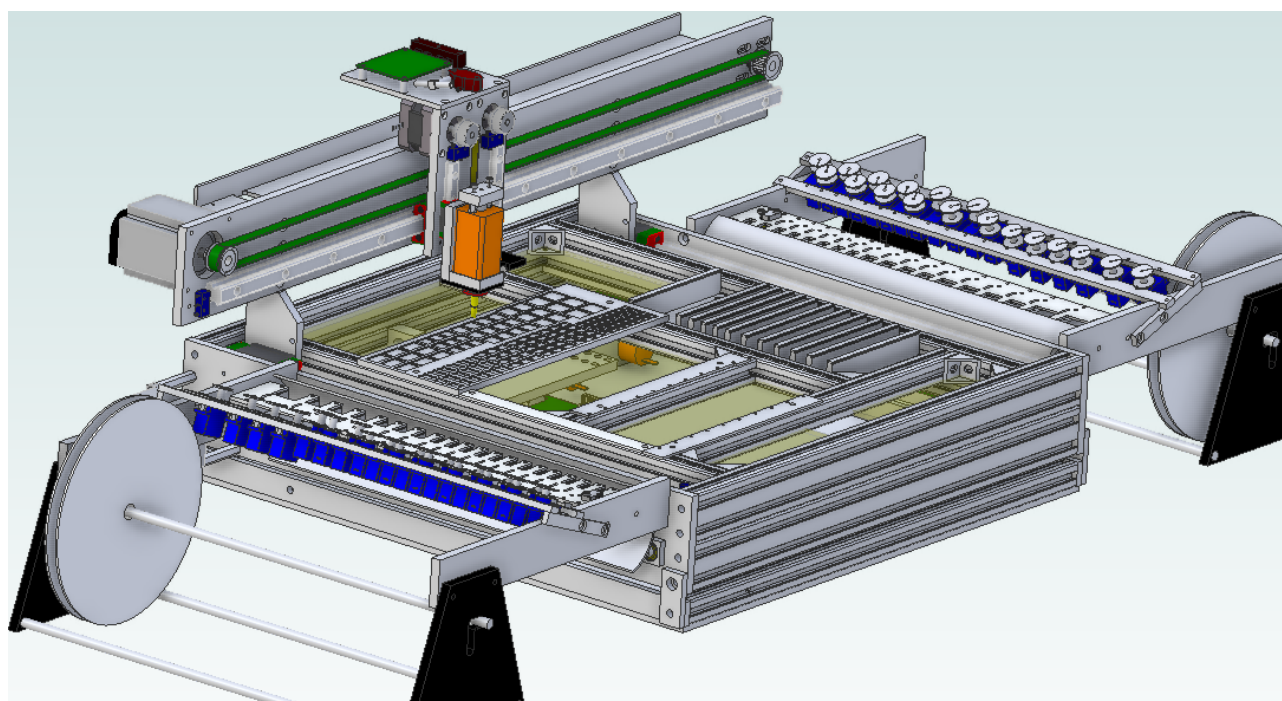


Рисунок 2 – 3D модель верстату

В основі каркасу були використані алюмінієві верстатні профілі 20 мм x 20 мм, профілі 20 мм x 40 мм, та алюмінієві пластини товщиною 6 мм. Пластини з'єднуються за профілем 20 мм x 40 мм у торці профіля гвинтами М6 x 20 мм. Для більшої міцності конструкції верстатний профіль з'єднується між собою за допомогою верстатних кутків 20 мм x 20 мм.

На внутрішніх сторонах алюмінієвих пластин закріплюються рейсові направляючі з каретками осі Y, а до однієї з цих пластин з зовнішньої сторони на конструкційних стійках М4 x 50 мм закріпленій кроковий двигун осі Y. Крізь отвори протилежних алюмінієвих пластин встановлені основний та допоміжний вали, які з'єднані між собою ременем ГРМ типу HDT5 шириною 10 мм через зубчаті шків. Були використані стандартні зубчаті шків на 12 зубів, шириною 10 мм та кроком зубів 5 мм. З'єднання основного валу з двигуном виконано муфтою не жорсткого з'єднання з поліуретановими вставками, що забезпечує співвісність валів.

На рис. 3 та рис. 4 зображені зібрані каркас верстату та стійка осі X.



Рисунок 3 – Каркас верстату



Рисунок 4 – Сійка осі Х

ВИСНОВКИ

Серед ряду вже розроблених систем розташування елементів аналогічного класу, дана розробка має наступні переваги:

- велика кількість різних типів живильників, що дозволяє працювати з платами з великою кількістю різних типів компонентів;
- модульний тип конструкції, що дозволяє легко замінити зламаний модуль;
- запас потужності двигуна осі Y дозволяє у перспективі збільшити кількість виконавчих пристроїв;
- значно менша вартість, ніж у аналогічних конструкцій;
- велика точність встановлення елементів, досягнена високою жорсткістю конструкції та використанням точних крокових драйверів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Основи виробництва електронних апаратів: підручник для вузів / І.Ш. Невлюдов. Харків :Компанія СМІТ, 2006 . 590 с.
2. Технология поверхностного монтажа. Автоматическая установка компонентов [Текст]: учебное пособие/ Г.Д. Богачек, И.В. Букрин, В.И. Ивлеев. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2018. 104 с.
3. Автоматы встановлення SMD компонентів [Електронний ресурс]; режим доступу (<https://www.smt-prof.com.ua/>); дата використання [18.05.2020].

Науковий керівник: *Разумов-Фризюк Євгеній Анатолійович, к.т.н., доцент кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки.*

ОПИС МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

Сідаш В. В.

Харківський національний університет
радіоелектроніки
Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14
E-mail: vladyslav.sidash@nure.ua

Анотація: Виконано опис принципу функціонування холодильних установок. Наведено типову схему будови холодильної установки. Розглянуті оборотний цикл Карно в T, S -діаграмі, теоретичний цикл в T, S -діаграмі та дійсний цикл в T, S -діаграмі.

Наведено методику вибору параметрів холодильного компресорного агрегату.

Ключові слова: холодильна установка, методика розрахунку параметрів, принцип функціонування, T, S -діаграми.

DESCRIPTION METHOD OF CALCULATION PARAMETERS REFRIGERATION EQUIPMENT

V. Sidash

Kharkiv National University of Radio Electronics
Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av., 14
E-mail: vladyslav.sidash@nure.ua

Annotation: The description of principle functioning refrigeration units is executed. A typical scheme of structure refrigeration unit is given. The reverse Carnot cycle in T, S -diagram, theoretical cycle in T, S -diagram and real cycle in T, S -diagram are considered.

The method of choosing parameters of refrigeration compressor unit is given.

Keywords: refrigeration unit, method of calculation parameters, principle of operation, T, S -diagrams..

Сучасні технології по зберіганню, заморожування, газациї, підтримці вологісного режиму, швидкості руху повітря та інше, мають на увазі індивідуальний підбір технології в залежності від об'єкту і технологічного процесу.

Сучасне холодильне обладнання має відповідати в першу чергу принципам функціональності та технологічності. Другою необхідною якістю є економне споживання енергетичних ресурсів та захист навколишнього середовища.

Звідси вибір, побудова та розрахунок енергоефективних холодильних установок є актуальним завданням.

Опис принципу функціонування холодильних установок. Холодильні установки, що працюють на циркулюючих в замкнутому циклі хладагентах, забирають теплоту як від завантажених в них продуктів, так і від самих камер, поступово охолоджуючи їх. При цьому холодильні агенти, безперервно циркулюючи в установці, змінюють свій агрегатний стан: спочатку випаровуючись при відборі тепла зі свого оточення, потім знову конденсуючись внаслідок віддачі поглиненої теплоти [1].

До складу холодильної установки входять: компресори, випаровувачі, конденсатори регулюючі (дросельні) вентилі, а також допоміжне устаткування:

- насоси для подачі холодоагенту;
- холодоносії;
- комунікаційні агрегати (система трубопроводів, арматура);
- запобіжні пристрої.

На рис. 1 наведено типову схему будови холодильної установки.

Вироблення холоду є процесом, зворотним тому, що ми спостерігаємо при роботі теплового двигуна. Якщо там завдання полягає в скоєнні якомога більшої роботи при використанні існуючого перепаду температур, то в холодильній установці потрібно з мінімальними витратами енергії підняти температуру до необхідного рівня.

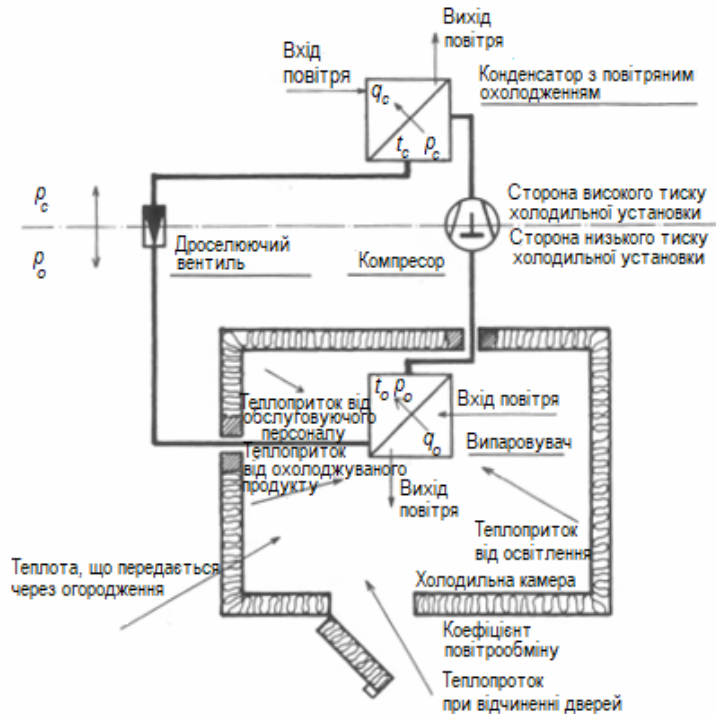


Рисунок 1 – Типова схема будови холодильної установки

Оборотний цикл Карно в T, S -діаграмі. Для опису залежності температури від ентропії розглянемо оборотний (ідеальний) цикл Карно в T, S -діаграмі «температура – ентропія».

Термодинамічна ентропія S , – фізична величина, яка використовується для опису термодинамічної системи, одна з основних термодинамічних величин. Ентропія і температура – зв'язані термодинамічні величини, необхідні для опису термічних властивостей системи і теплових процесів в ній. Ентропія є функцією стану і широко використовується в термодинаміці, в тому числі технічній (аналіз роботи теплових машин і холодильних установок) і хімічній (розрахунок рівноваг хімічних реакцій) [2, 3].

На рис. 2 показано T, S -діаграма «температура – ентропія».

Кількість теплоти q_0 поглинається холодоагентом при температурі випаровування T_0 , після чого він піддається адіабатичному (ізоентропному) стисненню компресором з переходом зі стану 1 (вологий пар) в стан 2. Сухий насичений пар (стан 2 на правій прикордонній кривій) повністю конденсується в конденсаторі при температурі конденсації T_c з переходом від точки 2 до точки 3 при постійному тиску $P_c = \text{const}$.

Потім в розширювальному циліндрі відбувається адіабатичне (ізоентропне) розширення пара до досягнення тиску P_0 і температури кипіння T_0 .

Вологий пар зі стану 4 поглинає в випарнику теплоту і випаровується по ізобарі до досягнення стану 1.

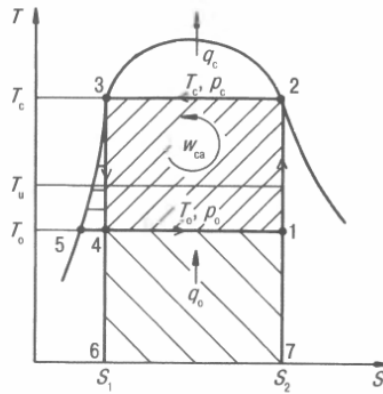


Рисунок 2 – T, S -діаграма «температура – ентропія»

У перерахунку на 1 кг циркулюючого хладагента маємо наступне:

– кількість поглиненої теплоти (площа 1-4-6-7-1):

$$q_0 = T_0 \cdot (S_2 - S_1);$$

– кількість теплоти, що відводиться (площа 2-3-6-7-2):

$$q_c = T_c \cdot (S_2 - S_1);$$

– необхідна робота циклу (площа 1-2-3-4-1):

$$\omega_{ca} = q_c - q_0 = (T_c - T_0) \cdot (S_2 - S_1);$$

– робота розширення (площа 3-5-4-3).

Для представленого вище циклу Карно отримуємо холодильний коефіцієнт :

Таким чином, холодильний коефіцієнт циклу Карно залежить лише від двох робочих температур – температури кипіння і температури конденсації і не залежить від фізичних і термодинамічних характеристик холодоагентів. Отже, мінімальна кількість роботи (ω_{ca}) дає максимальний холодильний коефіцієнт .

Рисунок 2 також показує, що здійснюються робота (площа 1-2-3-4-1) буде тим менше, чим вище температура кипіння T_0 і чим нижче температура конденсації T_c .

Тут можна зробити загальний висновок, що для досягнення економічної експлуатації холодильна установка повинна діяти з максимально високою температурою випаровування і з якомога більш низькою температурою конденсації.

При цьому температура кипіння задається в залежності від необхідної температури холодильної камери (t_r), а температура конденсації визначається з урахуванням використовуваної охолоджувальної середовища (води або повітря) [1–3].

Теоретичний цикл в T, S -діаграмі. Цикл Карно як ідеальний оборотний цикл між двома ізотермами і двома адіабатами, безумовно, здатний забезпечити максимальний холодильний коефіцієнт (). Однак такий процес практично не реалізуємо, так як ні стиснення, ні розширення чи не протікає за ізентропа.

З метою відображення реальної фактичної роботи холодильної машини використовують теоретичний цикл T, S зображений на рисунку 3. В такому циклі розширення з переходом від тиску конденсації P_c до тиску випаровування P_0 здійснюється за допомогою дрослюючого клапану з заміною ізентропа на ізентальпу, оскільки цей процес протікає при постійній ентальпії, $h_3 = h_4.S$

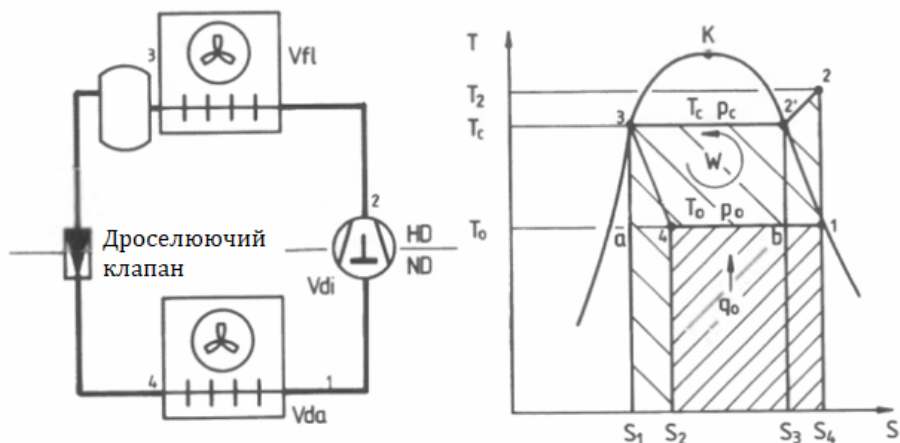


Рисунок 3 – Теоретичний цикл в T, S

Компресор засмоктує суху насичену пару в стані 1 (права прикордонна крива, рис. 3) і адиабатически стискає його до стану 2. В зоні перегріву до стану 2 віднесена температура стиснення T_2 на осі ординат.

В конденсаторі перегрітий пар холодоагенту в стані 2 доводиться до стану 2' шляхом зняття перегріву по ізобарі і повністю конденсується (Поле від правої прикордонної кривої до точки 3 на лівій прикордонній кривої). Зі стану 3 рідкий холодоагент з допомогою дроселюючого вентиля переходить, розширюючись, в стан 4 з $h=const$.

Питома холодопродуктивність q_o , з одного боку, через дроселювання знижується в порівнянні з циклом Карно (а саме відповідно площі $a-S_1-S_2-4-a$), з іншого боку, в силу всмоктування компресором сухої насиченої пари збільшується на площу $b-S_3-S_4-1-b$.

В цілому питома холодопродуктивність теоретичного циклу більше питомої холодопродуктивності циклу Карно, тобто $q_o > q_{o\text{ка}}$.

Робота стиснення (ω_{cs}) характеризується площею 1-2-2'-3- $a-S_1-S_2-4-1$. При порівнянні з циклом Карно тут відзначається відповідне збільшення площі, що вказує на додатково здійснюються роботи.

Отже, холодильний коефіцієнт теоретичного циклу (ε_{is}) з всмоктуванням сухого насиченого пару, адиабатичним (ізоентропним) стисненням пару і дроселюванням рідкого хладагенту також буде нижче холодильного коефіцієнту циклу Карно:

$$\varepsilon_{is} = \frac{q_o}{\omega_{cs}}, \varepsilon_{is} < \varepsilon_{ca}$$

Питома теплота, відведена в конденсаторі (q_c), визначається на діаграмі площею 2-2'-3- $a-S_1-S_4-2$ (рис. 3).

Дійсний цикл в T, S -діаграмі. На рис. 4 показано дійсний цикл в T, S -діаграмі.

В даному циклі компресор засмоктує перегрітий пар в стані 1 і політропно стискає його до стану 2. До даного стану віднесена температура в кінці стиснення T_2 на ординаті. У зоні зняття перегріву в конденсаторі холодоагент у вигляді перегрітої пари спочатку охолоджується по ізобарі (процес 2 – 2') до температури в кінці стиснення, далі в точці 2'' до температури в кінці стиснення сухої насиченої пари з переходом до точки 2''' на правій прикордонній кривій.

Від точки 2''' сухий насичений пар потрапляє в зону конденсації в конденсаторі і при P_c і $t_c=const$ до точки 3' на лівій прикордонній кривої, де повністю конденсується.

Як видно з технологічної схеми, знову перетворений в рідину холодоагент протікає потім через регенеративний теплообмінник, де проходить потік рідини переохолоджується під дією зворотного потоку всмоктуваного газу (процес 3'-3). Це призводить до зростання питомої холодопродуктивності q_0 на розмір площі 4'-4-S₂-S₃-4'. Але при цьому одночасно відбувається перегрів всмоктуваного газу, так що температура на вході в компресор переміщається з 1' до 1 в перегріву зону.

При зміні стану з 3' на 3 при $P_c = const$ і з 1' на 1 при $P_0 = const$ мають місце однакові різниці ентальпій.

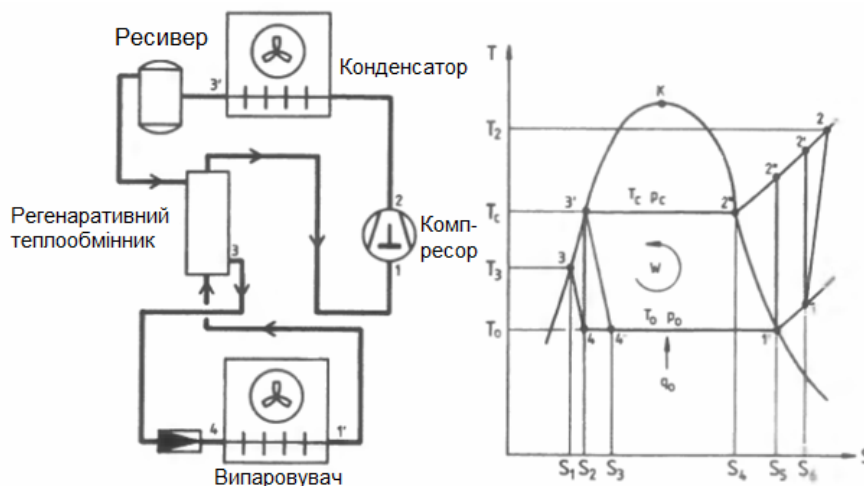


Рисунок 4 – Дійсний цикл в T, S -діаграмі

Збільшення площали w_i як показника досконалої роботи пояснюється наявністю втрат в процесах стиснення і дроселювання (і той і інший викликають незворотні зміни стану). Поліпшення холодильного коефіцієнта (ϵ_{ts}) може бути досягнуто за рахунок переохолодження рідкого холодоагенту.

При порівнянні дійсного циклу з теоретичним, а також з ідеальний циклом Карно отримуємо такі холодильні коефіцієнти:

– цикл Карно без втрат; не залежить від холодоагенту, визначається тільки значеннями T_0 та T_c :

$$\epsilon_{sa} = \frac{T_0}{T_c - T_0} = \epsilon_{max};$$

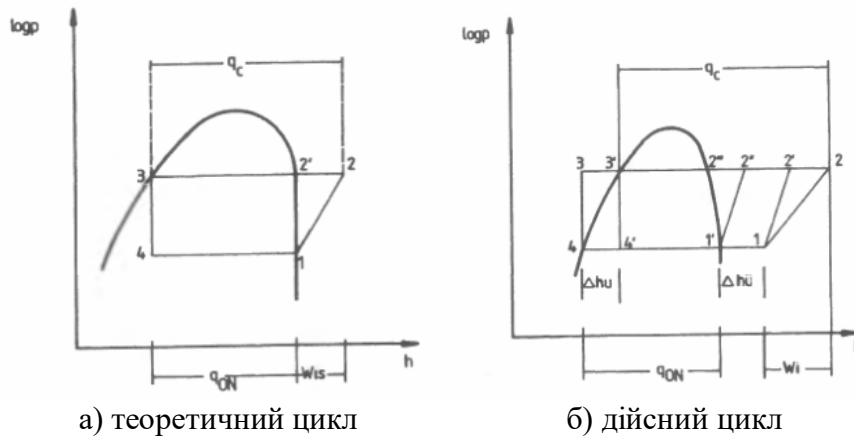
– теоретичний цикл з втратами, зумовленими дроселюванням, ізоентропне стиснення сухої насиченої пари:

$$\epsilon_{ts} = \frac{q_0}{\omega_{is}};$$

– дійсний цикл з втратами, зумовленими дроселюванням, політропне стиснення перегрітої пари, переохолодження рідкого холодоагенту:

$$\epsilon_{ts} = \frac{q_0}{\omega_i}.$$

Теоретичний і дійсний цикли в lgP, h -діаграмі. На рисунку 5 показано теоретичний і дійсний цикли в lgP, h -діаграмі.



а) теоретичний цикл б) дійсний цикл
Рисунок 5 – Теоретичний і дійсний цикли в IgP, h -діаграмі

У діаграмі T, S (температура-ентропія) кількість теплоти, що підводиться і, відповідно, що відводиться визначається за допомогою площ, розташованих під лініями процесів.

Однак в практичних розрахунках перевага віддається IgP, h -діаграмі, що дозволяє визначати кількість теплоти, що підводиться і відводиться відрізками на осі ентальпії (h). На рисунку 5 представлені в діаграмі IgP, h цикли, що розглядаються, де значення питомої холодопродуктивності $q_{0n} = h_1 - h_4$, а робота циклу $w_i = i_1 - i_2$.

Вибір параметрів холодильного компресорного агрегату Серед випарників з повітрям, що підводиться, слід розрізняти повітроохолоджувачі з природною циркуляцією (статичні охолоджувачі для так званого «спокійного охолодження») і повітроохолоджувачі з примусовою циркуляцією повітря.

Серед останніх більш 80% становлять так звані інжекторні (всмоктувальні) випарники високої продуктивності (з одним або декількома вентиляторами на передній стороні), до переваг яких можна віднести наступне:

- вентилятори знаходяться під постійним контролем оператора установки;
- монтаж на передній стороні значно полегшує роботи з техобслуговування;
- поперечний переріз обдування батареї, на відміну від нагнітає випарника з вентилятором, змонтованим на задній квадратної стороні корпусу, може бути виконано прямокутної форми (співвідношення сторін 1: 1,7).

З метою поліпшення подачі повітря в виконаннях зі всмоктуванням захисна решітка вентилятора, крім власне захисту, виконує ще й функцію вирівнювання повітряного потоку.

Безсумнівною перевагою такої конструкції є також те, що первинне повітря виходить з випарника у вигляді прямоспрямованого і сфокусованого потоку при одночасному зниженні температури обмотки двигуна приблизно на 20 К.

Між даними холодопродуктивності випарника, температурою холодильної камери, температурою всмоктуваного повітря, різницею температур ΔT , з одного боку, і розрахунком холодильного компресора, з іншого боку, існує певний зв'язок. Необхідно вибрати компресор з такою ж холодопродуктивністю і такою ж температурою кипіння – для забезпечення рівноваги відповідних характеристик випарника і компресора.

На рисунку 6 наведені діаграми області застосування компресорів для холодоагентів R404/R507, R134a і R407C. Вони покликані допомогти прийняти рішення щодо вибору тих чи інших приводних двигунів, можливо, необхідного додаткового охолодження і обмежених температур всмоктуваного газу [3].

Таблиці параметрів холодильних компресорів і пов'язані з ним діаграми містять дані холодопродуктивності, споживання потужності і електричного струму.

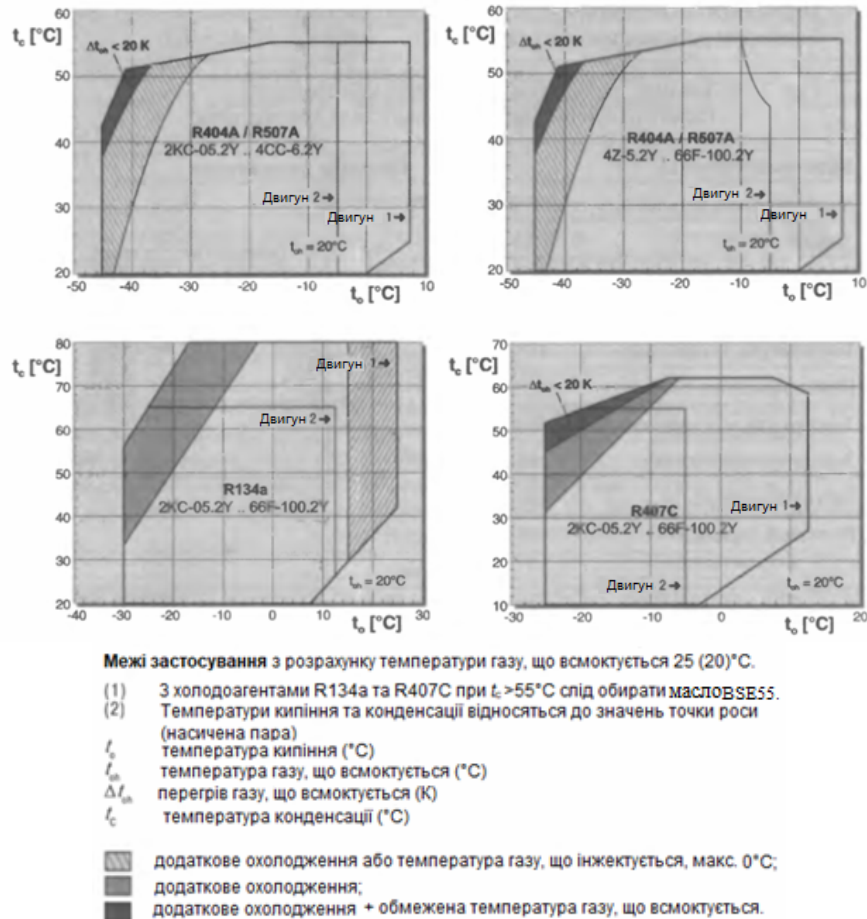


Рисунок 6 – Области застосування компресорів для холодоагентів R404/R507, R134a і R407C

Продуктивність конденсатора можна обчислити шляхом складання значень холодопродуктивності і споживаної потужності [1].

Всі наведені показники відносяться до температури всмоктуваного газу 20°C , без переохолодження рідини [3].

Охолодження компресора характеризується як добуток об'ємної витрати холодоагенту, що реалізується через компресор і різниці питомих ентальпій – холодоагенту на вході в компресор і насиченою рідини. Холодоагент на вході в компресор перегрітий до вказаного значення ($+20^\circ\text{C}$) вище точки роси на стороні всмоктування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Брайдерт Г. Й. Проектирование холодильных установок Расчеты, параметры, примеры / Пер. с нем. Л. Н. Казанцевой. М. : Термокул, Техносфера, 2006. 336 с.
2. Венгер К. П., Выгодин В. А. Машинная и безмашинная системы хладоснабжения для быстрого замораживания пищевых продуктов. М. : Узоречье 1999. 144 с.
3. Мальгина С. В. Холодильные машины и установки. М. : Пищевая промышленность, 2000. 592 с.

Науковий керівник: Аллаxверанов Рауф Юсіфович, к.т.н., доцент кафедри КІТАМ Харківського національного університета радіоелектроніки.

АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТЕХНОЛОГІЇ ІНДУСТРІЇ 4.0

Конєва А. І.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: alina.konieva@nure.ua

Анотація: В статті проведено короткий огляд етапів, які були проміжними перед Індустрією 4.0. Виділено основні особливості, характеристики Індустрії 4.0 та наведено позитивні моменти від цієї технології в економіці; розглянуто напрямки Індустрії 4.0. Проведений аналіз підтверджує, що в сучасному світі існує значна потреба в інтенсивному просуванні вперед цієї технології.

Ключові слова: четверта промислова революція, Індустрія 4.0, кіберфізичні системи

ANALYSIS OF INDUSTRY 4.0 TECHNOLOGY FEATURES

A. Konieva

Kharkiv Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av, 14

E-mail: alina.konieva@nure.ua

Annotation: The article provides brief overview of stages that were intermediate before Industry 4.0. The main features, characteristics of Industry 4.0 are highlighted and positive aspects of this technology in economy are given; directions of Industry 4.0 are considered. The analysis confirms that in modern world there is significant need for intensive advancement of this technology.

Keywords: fourth industrial revolution, Industry 4.0, cyber physical systems.

Прогрес ніколи не стоїть на одному місці, а прориви в науково-технічній сфері часто описують як «революція». Саме тому ми не раз чули термін «промислова революція». Кожна з цих подій кардинально змінювала спосіб життя людей, технічні процеси та ринок праці.

Швидкий перехід до Індустрії 4.0 в найближчі роки визначить сучасні промислові процеси – стане передумовою революції не тільки в продукції і виробництві, але і в створенні промислової цінності. Індустрія 4.0 перетворює світ праці сучасним і сталим, тобто, тема статті є актуальною.

Спочатку коротко розглянемо етапи революції, що призвели до Індустрії 4.0 (рис. 1):

1. Перший етап (друга половина 18 ст. – початок 19 ст.) характеризується появою та розвитком промислового виробництва і транспорту. Саме тоді був створений паровий двигун.

2. Другий етап (друга половина 19 ст. – початок 20 ст.) – це поява залізничного транспорту, поділ праці та поточне виробництво. У цей період винайшли телеграф, телефон і бензиновий двигун.

3. Третій етап (друга половина 20 ст. – початок 21 ст.) – автоматизація і роботизація виробництв, значний розвиток інформаційних та комп'ютерних технологій, Інтернету та радіоелектроніки.

Те, наскільки зросла швидкість створення новітніх наукових і технічних розробок, ми можемо спостерігати вже зараз. У майбутньому цей процес призведе до великих змін в технічній, медичній, освітній та багатьох інших сферах. Зараз такий процес описує Індустрія 4.0 або четверта промислова революція. [1–3]

4. Четвертий етап же отримав назву Індустрія 4.0 у Німеччині в 2011 році [4]. У цей період була затверджена програма, напрямком якої був розвиток інформаційних та комп'ютерних технологій.

Отже, четвертий етап (Індустрія 4.0) – це перехід на автоматизоване цифрове виробництво, управляти яким буде штучний інтелект у режимі реального часу [2, 3].

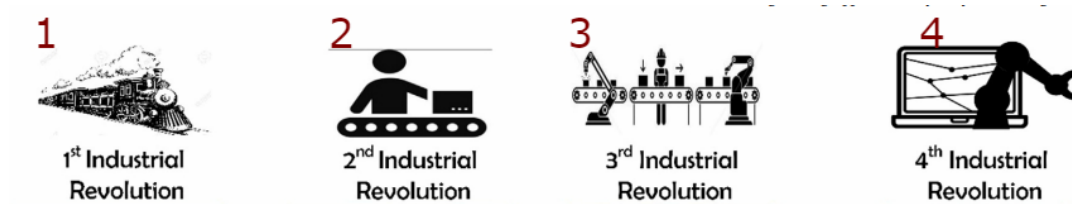


Рисунок 1 – Етапи промислових революцій

Індустрія 4.0 – це новітні технології розвитку автоматизації та обміну даними, хмарні обчислення й інтернет речей.

Процес управління технологіями становить взаємодію підприємств в промислової мережі товарів і послуг.

У 2006 році був впроваджений термін «кіберфізичні системи» для позначення комплексів, що складаються з штучних систем та контролерів – одна з ключових в Індустрії 4.0. Концепція Індустрії 4.0 – засіб покращення промисловості через інтеграцію кіберфізичних систем в фабричні процеси, тому цей термін зосереджується саме в сфері промислового виробництва.

Тобто починається активне впровадження кіберфізичних системи, які відрізняються від традиційних тим, що вони можуть конектувати з навколишнім середовищем та можливістю адаптації.

Кіберфізичні системи (КФС) нерідко представлені розумними пристроями та станками. Раніше роботи були здатні тільки для стандартних алгоритмів, але гібридні кіберфізичні системи вже можуть пристосуватися до деяких змін. Це значно може вплинути на всю область автоматизованих систем.

Найчастіше кіберфізичні системи застосовують у сферах будівництва (рис. 2), транспорту, виробництва та енергозбереження. Процеси автоматизації не обійшли й медичну та хімічну промисловість [6]. Однією з сфер застосування є і розробка мобільних КФС. Прикладами цьому може бути: засоби аналізу стану людини під час фізичних навантажень, відстеження заказу, який буде відправлений з іншої країни, автоматичного контролю вмісту вуглекислого газу та інші [6].



Рисунок 2 – Галузі застосування кіберфізичних систем

Таким чином, концепція четвертої промислової революції була визначена як засіб підвищення ефективності обробної промисловості через інтеграцію кіберфізичних систем в заводські і фабричні процеси.

В результаті, термін «Індустрія 4.0» концентрується саме в сфері промислового виробництва.

В ході проведеного аналізу в галузі «Індустрія 4.0» виділимо основні особливості:

1. Адаптація – кіберфізичні системи здатні не тільки на автономних процес, але й пристосовуватись до інших систем та навколишнього середовища.

2. Віртуалізація – інтеграція імітаційних і віртуальних інформаційних моделей з реальними технологічними процесами, як на етапі проектування процесів, так і при їх реалізації.

3. Децентралізація – здатність кіберфізичних систем автономно приймати рішення на основі технологій штучного інтелекту.

4. Робота в режимі реального часу – можливість кіберфізических систем аналізувати технологічні та виробничі дані і надавати їх в загальну промислову мережу, що вимагає обробки великих даних – Big Data (рис. 3).

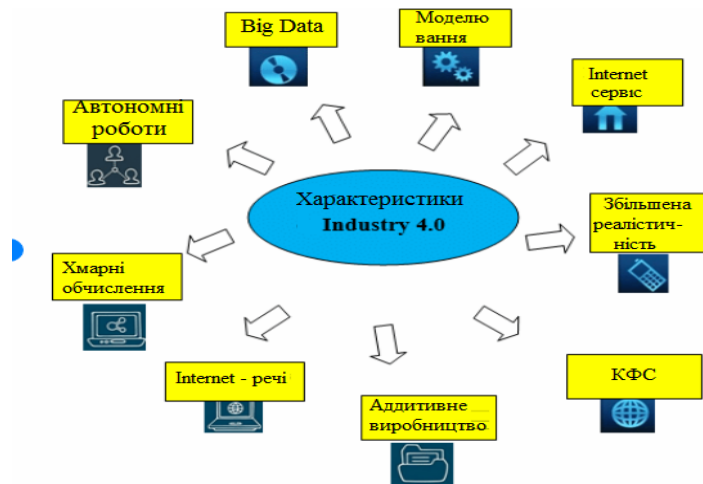


Рисунок 3 – Характеристики Індустрії 4.0

Також в ході проведеного аналізу пропонується розглянути напрямки Індустрії 4.0, до яких належать технології, основними з яких можна назвати наступні:

– інтернет речей – це хмарне середовище, що організує в єдину мережу пристрої і технологічні системи, які взаємодіють між собою або з навколишнім середовищем. Але це не тільки фізичні пристрої, він охоплює й віртуальні моделі. Інтернет речей виключає з управління технологічним процесом людину.

– адитивні технології – 3-D моделювання; впровадження 3D-принтерів при проектуванні і виготовленні деталей моделей, роботів, різних технічних пристроїв.

– штучний інтелект – використовується задля розвитку багатьох сфер у житті, наприклад, охорона праці, при навчальному процесі, дистанційному навчанні, медичних обслідуваннях, у транспорті й інш.

– великі дані, блокчейн і хмарні обчислення – віртуальна і доповнена реальність [3].

Впровадження Індустрії 4.0 грає на малу роль для економіки, бо сьогодні досить складно зацікавити споживача звичайною рекламою, ринок переповнений яскравими слоганами, вивісками та рекламною інтеграцією. Величезні гроші компаній йдуть на закупівлю реклами у лідерів думок сьогодення. Раніше цим займалися публічні особи, наприклад, співаки чи телеведучі, або відбувалася закупівля реклами на телевізійних каналах. Але через технології Індустрії 4.0 зараз це не дуже актуально. Рекламну інтеграцію можна побачити на Youtube в роликах відеоблогерів; стримерів, які грають в ігри на замовлення або ж у спливаючих вікнах якоїсь рекламної продукції, коли ти заходиш на сайт подивитися кіно. Внаслідок цього на ринку сильно зросла конкуренція.

Споживачам стало легше оцінювати однакову продукцію у різних виробників, тому фірми стали залучати покупця різними способами. Наприклад, більш низька ціна, безкоштовна доставка, гарний дизайн сайту продукції або зручний інтерфейс додатків.

Для аналізу попиту споживачів фірми використовують автоматизовані комп'ютерні технології. Гарним прикладом можна назвати нейронні мережі. Нейронні мережі – це data-eating пристрої, які потребують багато навчальних даних задля успішного використання своїх алгоритмів та виведення вірної інформації [8].

В результаті, Індустрії 4.0 можна помітити тенденцію інтегрування обчислювальних процесів в промисловість, тому виділяється кілька напрямків, де видно позитивні зміни, викликані четвертою промисловою революцією, а саме:

- взаємодія з клієнтами, підвищення точності в обчисленні попиту на ринку
- виробничі процеси, підвищення енергоефективності, поліпшення рівня безпеки, полегшення роботи операторів
- логістика, економія часу виробничого циклу, поліпшення якості обслуговування,
- активи, моніторинг їх стану, запобігання поломкам обладнання

Як впровадження технологічних процесів у виробництво можна назвати: біотехнології, штучний інтелект, нанотехнології, 3D-принтери, хмарні сховища, безпілотний транспорт. Ці елементи збирають інформацію щодо виробничих процесів, а також облаштовують передачу даних безпосередньо машинам [8].

Таким чином, можна зробити висновки, що наука і прогрес постійно роблять кроки вперед, а разом і з ними змінюються всі сфери нашого життя, від медицини до економіки. Зараз вже важко уявити життя комфортним без комп'ютерних і мобільних пристроїв, адже практично вся інформація зберігається в хмарних сховищах або за допомогою інших технологічних процесів. Перехід економіки до Індустрії 4.0 привів до прискорення розвитку економіки. Разом з цим також стрімко змінюється поведінка споживачів, ведення бізнесу і ринок в цілому. Індустрія 4.0 настає вже зараз і процес автоматизації все більш і більш вливається в наше життя і саме це відрізняє третю і четверту промислові революції.

В статті проведено короткий огляд етапів, які були проміжними перед Індустрією 4.0.

Виділено основні особливості, характеристики Індустрії 4.0 та наведено позитивні моменти від цієї технології в економіці; розглянуто напрямки Індустрії 4.0. Проведений аналіз підтверджує, що в сучасному світі існує значна потреба в інтенсивному просуванні вперед цієї технології.

ЛІТЕРАТУРА

1. Уринсон Я.М. Промышленная революция и экономический рост / Я. Уринсон. – Москва: Либеральная миссия, 2018. – 40 с.
2. Китайгородский М.Д. Индустрия 4.0 и ее влияние на технологическое образование // Современные наукоемкие технологии. – 2018. – №. 11–2. – С. 290–294.
3. Pierdicca R. The use of augmented reality glasses for the application in industry 4.0 // International Conference on Augmented Reality, Virtual Reality and Computer Graphics. – Springer, Cham, 2017. – С. 389–401.
4. Muhuri P. K. Industry 4.0: A bibliometric analysis and detailed overview // Engineering applications of artificial intelligence. – 2019. – Т. 78. – С. 218–235.
5. Ястреб Н.А. Индустрия 4.0: киберфизические системы и Интернет вещей // Человек в технической среде: сборник научных статей / Н.А. Ястреб. – Волоград: ВоГУ. – 2015. – №. 2. – С. 35–43.
6. Гумерова Г.И., Татар Е.И. Влияние индустрии 4.0 на поведение потребителей и ведение бизнеса // Экономический вектор. – 2020. – №. 4 (23). – С. 63–67.
7. Авилова В.В., Ульмаскулов Т.Ф. Перспективы применения технологии "Индустрии 4. 0" в промышленности // Базис. – 2018. – №. 1 (3). – С. 157–162.

***Науковий керівник:** Сотник Світлана Вікторівна, к.т.н., доцент кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки*

ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ СЕМАНТИЧНИХ МЕРЕЖ

Андрєєв А. С.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: anton.andreiev@nure.ua

Анотація: У статті розглянуто актуальність семантичних мереж та галузі застосування; проведено огляд особливостей створення семантичних мереж; наведена узагальнена формалізація інформації в простих семантичних мережах та особливості семантичних інформаційних одиниць. Проведено огляд особливостей семантичних інформаційних одиниць.

Ключові слова: семантична мережа, обробка семантичних даних, арность, база знань.

FEATURES OF CREATING SEMANTIC NETWORKS

A. Andreiev

Kharkiv Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av, 14

E-mail: anton.andereiev@nure.ua

Annotation: The statistic has aclear view of relevance of semantic fences and galusa stasis; an insight into peculiarities of semantic hemstrings root was carried out; formalization of information in simple semantic lines and special features of semantic information units has been introduced. An overview of peculiarities of semantic information units is carried out.

Key words: semantic network, semantic data processing, arnost, knowledge base.

Семантична мережа – є одним із способів подання знань, пов'язаних з областю інженерії знань або різними розділами штучного інтелекту як наукової дисципліни [1]. У назві з'єднані терміни з двох наук: семантика в мовознавстві вивчає сенс одиниць мови, а мережа в математичному поданні є різновидом графа – набір вершин, з'єднаних дугами (ребрами), яким присвоєно деяке значення (вага) і (або) напрямок [1].

Семантичні мережі є зручним виходом графічного подання знань. Особливий наголос при цьому робиться на зв'язках між різними інформаційними одиницями та між різними фрагментами знань. Обов'язковим є те, що вся інформація про дане поняття групується навколо вузла мережі, який відповідає цьому поняттю.

З активним ростом популярності Всесвітньої павутини виникла необхідність в каталогізації та систематизації інформації, представленої в Мережі.

З'явилися пошукові машини, сформувався ринок контекстної реклами, що сприяло підвищенню вимог до здатності пошукової машини враховувати інформаційні запити користувача. Широке проникнення інформаційних технологій в повсякденне життя привело до виникнення обчислювальних задач, для вирішення яких потрібні знання про навколишній світ.

Одним з ефективних механізмів, що дозволяють, відобразити інформацію для подальшої роботи з нею – СМ, які мають низку переваг над іншими засобами подання знань, такими як побудова полів, фреймів, які дають можливість згрупувати дані відповідно до заданих критеріїв, виявляють опорні концепти і виявляють одиниці, що розкривають різні їх сторони. Елементами мережі є вершини і дуги. Основною перевагою СМ – є практичність пошуку даних, а також можливість швидкого використання знань для прийняття управлінських рішень.

На сьогодні спостерігається активне розширення області застосування СМ, починаючи від простого отримання відповіді на питання і закінчуючи оцінкою стану пацієнта за даними лікарських оглядів, тому тема роботи є актуальною.

На сьогодні галузь застосувань СМ достатньо широка – відповіді на різні питання, вивчення процесів навчання, запам'ятовування та міркування.

СМ отримали широке застосування в експертних системах.

Виявлено, що найактуальнішими для застосування СМ є робототехніка та медицина.

Семантична мережа – це розмічений орієнтований граф, вершини якого відповідають деяким сутностям (поняттями, подій, характеристикам), а ребра висловлюють взаємозв'язок між цими сутностями [2].

Семантичні мережі не накладають обмежень на структуру знань або конкретну предметну область до тих пір, поки ці знання можна представити у вигляді орієнтованого графа.

Серед відомих онтологій слід зазначити онтологію «Сус», що включає в тому числі онтології кількох предметних областей, й онтологію «SUMO», складену із загальних понять.

У завданнях обробки природної мови особливо популярна семантична мережа WordNet, побудована на основі формалізації людського сприйняття навколишнього світу: поняття (сінсети) представлені у вигляді вершин, а спрямовані ребра показують ставлення від часткового до загального (гіперонимов), від частини до цілого (холонімія) і т.д. Такі ресурси, як WordNet для англійської мови і «Рутез» для російської мови, побудовані колективами лексикографів-експертів [1]. Приклад семантичної мережі рис. 1 [1].

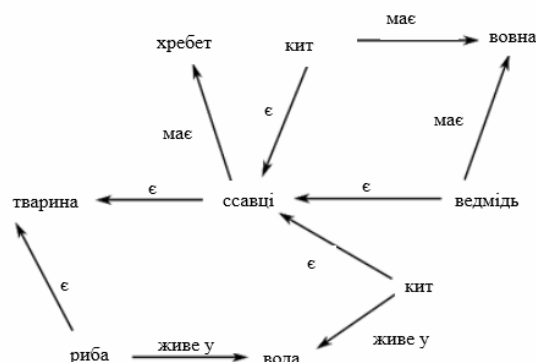


Рисунок 1 – Приклад семантичної мережі

Об'єктами можуть бути поняття, події, властивості, процеси.

Таким чином, СМ є одним із сучасних способів подання знань.

У назві СМ з'єднані терміни з двох наук: семантика в мовознавстві вивчає сенс одиниць мови, а мережа в математиці являє собою різновид графа – набору вершин, з'єднаних дугами (ребрами), яким присвоєно деяке число.

При створенні СМ потрібно знати:

У комп'ютері вершинам, або вузлам, графу відповідають групи комірок пам'яті, а зв'язкам – вказівки, що містять коди адрес пам'яті, завдяки чому програма знаходить потрібні комірки. Найважливіші зв'язки – типу «це є»: вони дозволяють побудувати в мережі ієрархію понять, в якій вузли нижчих рівнів успадковують властивості вузлів вищих рівнів. Таким механізмом перенесення зумовлена ефективність семантичних мереж [3].

Базою при створенні СМ є те, що у семантичній мережі роль вершин виконують поняття бази знань, а дуги (причому спрямовані) задають відносини між ними. Таким чином, СМ відображає семантику предметної області у вигляді понять і відносин.

Для всіх семантичних мереж справедливо поділ за арністю і кількістю типів відносин, розміром. Розглянемо ключові особливості.

1. За кількістю типів відносин, мережі можуть бути однорідними і неоднорідними.

– однорідні мережі володіють тільки одним типом відносин (стрілок);

– в неоднорідних мережах кількість типів відносин більше двох.

Неоднорідні мережі представляють більший інтерес для практичних цілей, але і велику складність для дослідження. Неоднорідні мережі можна представляти як переплетення деревовидних багат шарових структур. Прикладом такої мережі може бути «Семантична мережа Вікіпедія».

2. За арністю:

– типовими є мережі з бінарними відносинами (зв'язуючими саме два поняття). Бінарні відносини дуже прості і зручно зображуються на графі у вигляді стрілки між двох концептів. Крім того, вони відіграють виняткову роль в математиці;

– небінарні (N-арні) – на практиці, однак, можуть знадобитися відносини, що зв'язують більше двох об'єктів. При цьому виникає складність – як зобразити подібний зв'язок на графі, щоб не заплутатися. Концептуальні граfi знімають це утруднення, представляючи кожне відношення у вигляді окремого вузла.

3. За розміром:

– для вирішення конкретних завдань, наприклад, тих які вирішують системи штучного інтелекту;

– галузевого масштабу – система повинна служити базою для створення конкретних систем, не претендуючи на загальне значення;

– глобальна семантична мережа. Теоретично така мережа повинна існувати, оскільки все в світі взаємопов'язане. Можливо коли-небудь такий мережею стане «Всесвітнє павутиння».

Процедурна семантична мережа конструюється на основі класу (поняття), а вершини та дуги задані як об'єкти. Процедури визначають такі основні операції над дугами [2–4]:

– встановлення зв'язку;

– анулювання зв'язку;

– підрахунок кількості вершин, з'єднаних даною дугою;

– перевірка наявності дуги між заданими вершинами.

Ряд процедур визначає основні дії над вершинами, наприклад:

– визначення екземпляра класу

– анулювання екземпляра;

– підрахунок кількості екземплярів класу;

– перевірка належності екземпляра класу.

Структурно семантичну мережу можна представити у вигляді [5, 6]

$$\{V, E, R\}, \quad (1)$$

де V – безліч вершин;

E – безліч ребер;

R – сімейство відносин, що ставить кожному елементу E пару елементів V , і розрізняти: прості, ієрархічні і динамічні семантичні мережі; ієрархічні, функціональні, кількісні, просторові, тимчасові, атрибутивні, логічні семантичні відносини.

Розглянемо особливості семантичних інформаційних одиниць.

Семантичні інформаційні одиниці – це одиниці, що розглядаються в аспекті семантичної змістовності.

Семантичні інформаційні одиниці: символ, слово, пропозицію, фраза [6].

Символ – інформаційна одиниця, що володіє неподільністю по структурному ознакою. Символ, це атомарний об'єкт на який може бути поділений фрагмент тексту. Як самостійний об'єкт символ – формальне позначення, яке виступає або як представник іншого предмета, явища, дії, або відображає самого себе. Символ не має смислового значення, а є носієм інформації.

Слово – інформаційна одиниця, що володіє неподільність по смислового признаку. У тексті слово – гранична смислова складова повідомлення (пропозиції), здатна безпосередньо

співвідноситися з предметом відображення і вказувати на нього; внаслідок цього слово набуває певні смислові властивості. Слово – мінімальна одиниця інформації, що має смислове значення. Однак слово характеризується сигніфікативним смисловим значенням і можливістю зміни, що тягне за собою зміну сенсу в певних межах. Тому сенс слова як незалежного інформаційного об'єкта і сенс слова в реченні може відрізнятися.

Слово – сигніфікативно неподільна інформаційна одиниця.

Речення – інформаційна одиниця, що володіє неділимістю за смисловим сукупності пов'язаних слів і виражає закінчену мисль. Речення – являє собою предикативне словосполучення, тому має предикативне смислове значення.

Пропозиція – предикативне неподільна інформаційна одиниця. На відміну від слова для ряду пропозицій представляється можливість перевірки їх на істинність. Це можливо за рахунок використання властивості предикації.

Предикація – відношення змісту повідомлення до дійсності, що здійснюється в реченні (на відміну від словосполучення).

Фраза (фразеологічна одиниця) – інформаційна одиниця, що володіє неподільністю по пов'язаності пропозицій і виражає закінчену мисль.

Фраза – інформаційна одиниця повідомлення, володіє максимальною смисловою змістовністю. Для фрази і пропозиції смисловий зміст доповнюється контекстом.

Слід зазначити відмінність між змістом і значенням сенсу інформаційних одиниць. Сенс є більш загальним поняттям, а значення сенсу його реалізацією. Наприклад, символ, як інформаційна одиниця, сенсу не має, а служить будівельним матеріалом для створення більш складних одиниць. Він є елементарним носієм інформації.

По суті символ є інформаційною одиницею без семантики. Елементарною семантичною інформаційною одиницею є слово

В статті розглянуто актуальність семантичних мереж та галузі застосування; проведено огляд особливостей створення семантичних мереж; наведена узагальнена формалізація інформації в простих семантичних мережах та особливості семантичних інформаційних одиниць.

Станом на сьогодні подання інформації у вигляді семантичних мереж найпоширеніше.

Семантичні мережі відображають семантику предметної області у вигляді понять і відносин. В ході проведеного огляду виявлено цінність СМ, яка полягає в можливості враховувати в базі знань, окрім форми тверджень, їх семантику, такі знання дозволяють дійти до прийнятного логічного висновку при роботі з неоднозначними фактами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Микрюков М.А. Семантическая сеть базы знаний технической поддержки // Славянский форум. №1. 2016. С. 98–105.
2. Navigli R. The automatic construction, evaluation and application of a wide-coverage multilingual semantic network // Artificial Intelligence. 2012. № 193. С. 217–250.
3. Субботін С.О. Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень: Навчальний посібник. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. 341 с.
4. Иванников А.Д. Основы теории информации. – М.: МаксПресс, 2007. – 356 с.
5. Цветков В.Я. Семантика информационных единиц // Успехи современного естествознания. 2007. № 10. С. 103–104.
6. Осипов Г. Методы искусственного интеллекта. Litres, 2018. 297 с.
7. Han J. et al. Semantic networks for engineering design: A survey // Proceedings of the Design Society. 2021. T. 1. С. 2621–2630.

***Науковий керівник:** Сотник Світлана Вікторівна, к.т.н., доцент кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки*

АВТОМАТИЗОВАНИЙ МОДУЛЬ БЕЗКОНТАКТНОГО ПІРОМЕТРА ДЛЯ ВИМІРУ ТЕМПЕРАТУР ПОТЕНЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Стеценко К. В., Білов П. О.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14

E-mail: kateryna.stetsenko@nure.ua; petro.bielov@nure.ua.

Анотація: На основі літературних даних і публікацій аналізується автоматизований модуль безконтактного пірометра для виміру температур потенційно небезпечних об'єктів.

Ключові слова: датчик, пірометр, схема, температура, електрорадіоелемент.

AUTOMATED CONTACTLESS PYROMETER MODULE FOR MEASURING TEMPERATURES OF POTENTIALLY HAZARDOUS OBJECTS

K. Stetsenko, P. Bielov

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, pr. Nauki, 14

E-mail: kateryna.stetsenko@nure.ua; petro.bielov@nure.ua.

Abstract: On the basis of literature and publication, the automation of the module of a contactless pyrometer for the temperature range of potentially unsafe facilities is analyzed.

Key words: sensor, pyrometer, circuit, temperature, electric radio element.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Досить широкий спектр технологічних процесів є потенційно небезпечними; сторогоконтрольованими. Вимірювання та контроль температур потенційно небезпечних об'єктів на виробництві – це досить складна та часта проблема. Попри всю різноманітність існуючих вимірювачів температур і датчиків на виробництві виникають завдання, які не під силу сучасним термометрам. Обладнання і пристрої багатьох технологічних циклів і процесів не дозволяють установку контактних датчиків або приладів, що призначені для контролю температури промислового діапазону по ряду технічних причин, або установка і монтаж подібних датчиків і приладів є неможливою. Зважаючи на існування такої проблеми, виникає необхідність у розробці спеціальних безконтактних приладів, що дозволяють вимірювати температуру у важкодоступних, небезпечних місцях та на потенційно небезпечних об'єктах. Обрана тематика є актуальною та затребуваною.

За рахунок компактного портативного корпусу пірометри дозволяють дистанційно і швидко проводити заміри, залежно від налаштувань швидкості відображення результатів. Можна проводити виміри на безпечній відстані для людини в умовах технологічних процесів, що протікають при потенційно небезпечних умовах.

ПРЕДМЕТНА ОБЛАСТЬ. Пірометр – прилад для безконтактного вимірювання температури тіл. Принцип дії заснований на вимірюванні потужності теплового випромінювання об'єкта переважно в діапазонах інфрачервоного випромінювання і видимого світла. Пірометри бувають оптичними, радіаційними і колірними. Перші дозволяють здійснити візуальне порівняння кольору нагрітого тіла з кольором еталонної нитки, і таким чином визначити його температуру. Радіаційні перераховують потужність теплового випромінювання, і можуть вимірювати досить широкий спектр температур. Колірні порівнюють теплове випромінювання об'єкта в різних спектрах, і виробляють потім обчислення його температури, такі пірометри також відрізняються широким спектром вимірювання.

Пірометри застосовують для дистанційного визначення температури об'єктів в промисловості, побуті, сфері жилого комунального господарства, на підприємствах, де велике значення набуває контроль температур на різних технологічних етапах виробництва

(сталеливарна промисловість, нафтопереробна галузь). Пірометри можуть виступати в ролі засобу безпечного дистанційного вимірювання температур розпечених об'єктів, що робить їх незамінними для забезпечення належного контролю у випадках, коли фізична взаємодія з контрольованим об'єктом неможливо через високі температур. Їх можна застосовувати в якості тепло локаторів (вдосконалені моделі), для визначення областей критичних температур в різних виробничих сферах.

Всі пірометри можна розділити за наступними категоріями або ознаками: за принципом вимірювання пірометри бувають так звані – колірні пірометри, що дозволяють визначати температуру об'єкта, шляхом порівняння кольору з еталоном; радіаційні пірометри вимірюють температуру об'єкта за допомогою перерахунку потужності теплового випромінювання. Кольорові пірометри дозволяють робити висновок про температуру об'єкта, ґрунтуючись на результатах порівняння його теплового випромінювання в різних діапазонах.

За температурним діапазоном: низькотемпературні: пірометри цього типу здатні визначати негативні температури, при цьому діапазон позитивних температур може бути досить великим; високотемпературні: пірометри працюють в діапазоні високих температур і не здатні проводити виміри об'єктів з мінусовою температурою.

Пірометри містять в собі оптичні та електронні системи, які дозволяють вирішити практично будь-яку тепло вимірювальну проблему в досить широкому діапазоні температур, від $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $3000\text{ }^{\circ}\text{C}$.

За діапазоном вимірювань, з використанням безконтактної технології, пірометри класифікуються на: низько- і високотемпературні. Низькотемпературні мають робочий діапазон від $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $380\text{ }^{\circ}\text{C}$. Високотемпературні: працюють в діапазоні від $380\text{ }^{\circ}\text{C}$ до декількох тисяч градусів.

Високотемпературні термометри потрібні у виробничій сфері, наприклад, на металургійних заводах. В інших сферах, зазвичай, використовують низькотемпературні пірометри. У більшості недорогих побутових пірометрів робочий діапазон від $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $380\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Типову принципову схему можна представити таким чином: досліджувана поверхня; тепловий потік; «приймач» – оптична система; датчик перетворювач сигналу; перетворювач електронний; лічильник; корпус; «курок»; екран. Приймач вловлює теплові хвилі, які випромінює об'єктом, які за допомогою оптики передаються на перетворювачі. Аналогове значення перетворюється в електричне, сигнал проходить через лічильник і далі як готовий результат виводиться на екран (рис. 1), де 1 – досліджувана поверхня; 2 – тепловий потік; 3 – приймач; 4 – давач-перетворювач сигналу; 5 – перетворювач електронний; 6 – лічильник; 7 – корпус; 8 – курок; 9 – екран.

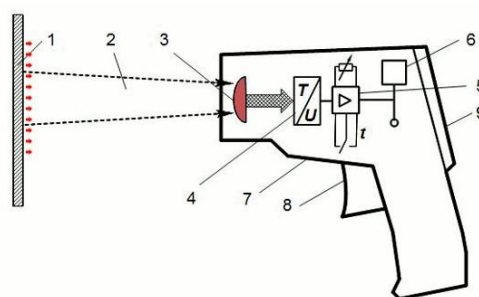


Рисунок 1 – Структурна схема пірометричного датчика

Вимірювання температури відбувається в визначеному діапазоні температур. Значення діапазону залежать від довжини хвиль, на яких працює прилад.

Найважливішими параметрами пірометрів є налаштування ступеня чорноти об'єкта і оптичний дозвіл (показник візування) приладу. Оптичний дозвіл пірометра характеризується

відношенням відстані від пірметра до поверхні тіла до діаметру круглої плями на поверхні тіла (область точного вимірювання температури обмежена цією плямою), температура якого вимірюється. Ступінь чорноти або коефіцієнт випромінювання матеріалу характеризує відбивну здатність самого матеріалу, температура якого дистанційно вимірюється пірметром. Так, наприклад, окислена сталь має ступінь чорноти 0,85, а полірована – 0,075. Оптичний дозвіл системи визначається як відношення відстані об'єкта до діаметру зони вимірювання (світлового плями)..Чим більше відстань до об'єкта, тим більше діаметр зони виміру.

Наприклад, на відстані 1,5 м діаметр світлового плями буде дорівнювати 13,2 см. Слід врахувати, що зазначене співвідношення буде вірним лише для однієї ділянки умовного «променя» вимірювання, там, де він має найменший діаметр, тому що «промінь» не має строго конічної форми, звужується у напрямку до приймача. Як бачимо по діаграмам (рис.2., де: А – вірне візування; Б – граничне візування, можуть бути похибки; В – неправильне візування, точність вимірювань може істотно змінитися) і, найменший діаметр променя знаходиться на відстані 900 м від об'єкта. Ця зона називається фокусна відстань.

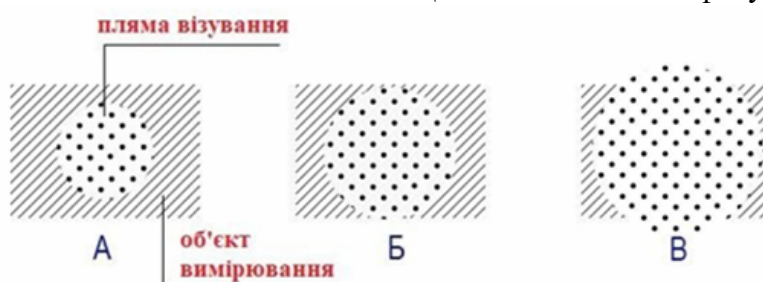


Рисунок 2 – Діаграми націлювання зони вимірювання

За допомогою лазерної указки є можливість «прицілитися». Це виконує допоміжна функція є досить корисною та зменшує похибки при вимірюванні.

Необхідно зазначити, що випромінювальна здатність пірметрів, як правило, в базових налаштуваннях зафіксована, її коефіцієнт дорівнює 0,95, чого цілком вистачає для більшості завдань, а ось у більш складних (дорогих) пірметрів показник емісії «плаваючий», може бути змінений вручну або автоматично при скануванні специфічних матеріалів. Ще однією корисною функціональною можливістю є підсвічування дисплея, що дозволить проводити виміри в умовах поганої освітленості, (нерідко трапляється при вуличних роботах, або в темний час доби). В основі роботи пірметра лежить принцип перетворення потоку інфрачервоного випромінювання від об'єкта, що приймається чутливим елементом, в електричний сигнал, пропорційний спектральній щільності потужності потоку випромінювання (рис. 3, де: О – об'єкт; М – модулятор; ПВ – приймач випромінювання; ВОС – вузол обробки сигналу; ВІ – вузол індикації; ДЖ – джерело живлення).

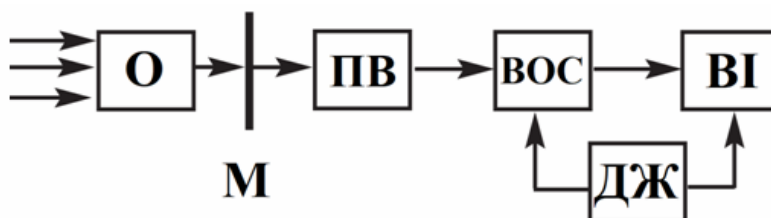


Рисунок 3 – Структурна схема пірметра [4]

Потік інфрачервоного випромінювання, що випускається об'єктом, потрапляє в оптичну систему, де діафрагмує і фокусується на приймач випромінювання, що знаходиться у фокусі оптичної системи.

Модулятор «М» перетворює потік випромінювання, що потрапляє на приймач випромінювання, з постійного на змінний. Приймач випромінювання перетворює потужність падаючого на нього потоку ІЧ випромінювання в електричну напругу пропорційне спектральній щільності потужності потоку випромінювання. Вузол обробки ВО перетворює сигнал з приймача випромінювання, відповідності до номінальної статичної характеристики перетворення, у вигляді, зручному для індикації. Вузол індикації ВІ відображає отриманий на них сигнал з ВО на знаковинтезуючим рідкокристалічним і світлодіодному індикаторах у вигляді цифрового значення температури. Джерело живлення забезпечує всі вузли приладу напругою, необхідними для їх роботи. [5–9].

ВИСНОВКИ. Безконтактні пірометри для виміру температур потенційно небезпечних об'єктів можуть бути вирішенням проблеми не тільки контролю протікання технологічних процесів, вимірювання температур промислового діапазону, а й безпеки для операторів. Такі модулі можуть бути інтегровані у складні системи моніторингу та передавати інформацію бездротовим способом, що дозволяє використовувати їх, навіть на важко доступних ділянках виробничих приміщень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Невлюдов І.Ш. Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації. Збірник задач [Текст]: Навчальний посібник / І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, Г.В. Пономарьова, А.О. Функендорф. Кривий Ріг: КК НАУ, 2018. 332 с.
2. Чала О. О. Дефектоутворення, як основа Defect Engineering в MEMC та MOEMS // Технологія приборостроєння. 2020. № 1. С. 78–81.
3. Кин А. И. Компьютерная программа для автоматизации процесса выбора оптимального числа точек контроля для быстродействующего оптико-электронного прибора на базе метода спектральной пирометрии [Текст] / А.И. Кин, А. Ю. Сидоренко, Е. В. Сыпин // Южно-Сибирский научный вестник. 2017. №. 4. С. 196–201.
4. Невлюдов І.Ш. Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації: Підручник для студентів вищих навчальних закладів. КК НАУ, 2017. 444 с.
5. I. Nevliudov, S. Maksymova, A. Funkendorf, O. Chala and K. Khrustalev, "Using MEMS to adapt ultrasonic welding processes control in the implementation of modular robots assembly processes," 2018 XIV-th International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH), 2018, pp. 223-226, doi: 10.1109/MEMSTECH.2018.8365738.
6. O. Filipenko, O. Chala and O. Sychova, "Some Issues of Dependencies of Loss from Technological Features of Optical Switches for Communication Systems," 2018 International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T), 2018, pp. 599–603, doi: 10.1109/INFOCOMMST.2018.8632051.
7. Селиванова К.Г. Теоретические аспекты для моделирования интерференционного электромиографического сигнала / К.Г. Селиванова // Стан, досягнення і перспективи інформаційних систем і технологій: XIII Всеукраїнська наук.-техн. конф. молодих вчених, аспірантів та студентів, 29 квітня 2013 р.: матеріали конф. Одеса, 2013. С.44–45.
8. Филипенко О.І. Конструктивно-технологічні фактори втрат в оптичних перемикачах на основі MOEMS-компонентів / О.І. Филипенко, О.О. Чала // Міжнародна науково-практична конференція "Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи", 10-16 березня 2014 року. Київ, Україна.
9. Семенець В.В. Введення в мікросистемну техніку та нанотехнології: / В. В. Семенець, І. Ш. Невлюдов, В. А. Палагін. Х. : Компанія СМІТ, 2011. 416 с

Науковий керівник: Чала Олена Олександрівна, к.т.н., доцент кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки

КОНТРОЛЬ МОЕМС- КОМПОНЕНТІВ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦІЇ**Стеценко К. В.**

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14

E-mail: katernyna.stetsenko@nure.ua

Анотація: На основі літературних даних і публікацій аналізується шляхи можливого забезпечення контролю МОЕМС-компонентів в системах автоматизації

Ключові слова: МОЕМС, контроль, автоматизація.

CONTROL OF MOEMS-COMPONENTS IN AUTOMATION SYSTEMS**K. Stetsenko**

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, pr. Nauki, 14

E-mail: katernyna.stetsenko@nure.ua

Abstract: On the basis of literature data and publications the development of technical support of control of moems components in automation systems is analyzed.

Keywords: MOEMS, control, automation.

Мікроелектромеханічні системи (МЕОМС) називають пристрої з інтегрованими об'ємом або на поверхні твердого тіла електронними та мікромеханічними структурами.

Статична чи динамічна сукупність цих структур забезпечує реалізацію процесів генерації, перетворення, передачі енергії та механічного руху в інтеграції з процесами сприйняття, обробки, передачі та зберігання інформації. Інтеграція МЕМС з оптичними компонентами дозволило виділити окремий клас компонентів мікросистем, названий мікрооптоелектромеханічними системами (МОЕМС).

Мікрооптоелектромеханічні системи (МОЕМС), що також позначаються як мікро-опто-електромеханічні системи або мікрооптоелектромеханічні системи, також відомі як оптичні мікроелектромеханічні системи або оптичні МЕМС, не є особливим класом мікроелектромеханічних систем (МЕМС), а скоріше комбінація злиття МЕМС; це включає виявлення або управління оптичними сигналами в дуже маленькому масштабі з використанням інтегрованих механічних, оптичних і електричних систем. МОЕМС включає в себе широкий спектр пристроїв, наприклад оптичний перемикач, оптичний крос-комунікатор, що налаштовується VCSEL, мікроболометри.

Ці пристрої зазвичай виготовляються з використанням мікрооптики та стандартних технологій мікрообробки з використанням таких матеріалів, як кремній, діоксид кремнію, нітрид кремнію та арсенід галію [1].

МОЕМС включає дві основні технології, мікроелектромеханічні системи і мікрооптику. Обидві ці дві технології незалежно один від одного включають пакетну обробку, аналогічну інтегральним схемам, і мікрообробку, аналогічну виробництву мікросенсора.

МЕМС пропонує мініатюризацію пристрою та широке застосування в датчиках та виконавчих механізмах, робототехніці, акселерометрах, мікроклапанах, контролерах потоку, мініатюризації компонентів систем глобального позиціонування (GPS); та безліч інших датчиків та виконавчих механізмів для застосування у космічних, повітряних, наземних та морських транспортних засобах, а також у промисловій, біотехнологічній та побутовій електроніці.

МОЕМС – багатообіцяюча мультитехнологія для мініатюризації критичних оптичних систем. Абревіатура визначає три області високих технологій: мікрооптику, мікромеханіку

та мікроелектроніку. MOEMS можуть опосередковано об'єднатися в галузі мікрообробки, мікродавачів та мікроактуаторів, якщо їх процеси сумісні з інтегральними схемами.

Об'єднання всіх цих мультитехнологій зробило MOEMS ідеальним ноу-хау для багатьох промислових демонстрацій комерційних пристроїв, таких як оптичні перемикачі, цифрові мікродзеркальні пристрої, бістабільні дзеркала, лазерні сканери, оптичні шторки та динамічні мікродзеркальні дисплеї. Всі технології MOEMS мають потенціал пакетної обробки та реплікації з тисненням, що, знову ж таки, робить їх дуже привабливими та необхідними для комерційних додатків. MOEMS – це технологія для програм, які неможливо вирішити за допомогою однієї тільки мікрооптики, і в даний час вона відіграє значну роль у багатьох оптичних програмах. Тенденція до мініатюризації та інтеграції звичайних оптичних систем прискорить впровадження технології MOEMS у комерціалізацію багатьох промислових компонентів, які сьогодні є найбільш затребуваними елементами оптичного зв'язку.

Динамічний розвиток високоточних технологій дозволяє не тільки проектувати та виробляти технічні системи все менших розмірів, а й об'єднувати в межах одного компактного пристрою дедалі більшу кількість функціональних можливостей. Інтеграція на одному кристалі досягнень у галузі електроніки та механіки призвела до створення МЕМС, в яких кремній працює одночасно як напівпровідниковий та конструкційний матеріал, а гальванічні зв'язки перебувають у тісній взаємодії з механічними переміщеннями. Сучасні МЕМС є сформовані на одній підкладці датчики, мікромеханізми, пристрої управління з розмірами елементів близько декількох мікрометрів і менше. Такі системи виготовляються із застосуванням технологій мікроелектроніки, але відрізняються від мікроелектронних пристроїв наявністю просторової розмірності. Якщо виробі мікроелектроніки планарні та механічно статичні, то керовані мікромеханічні об'єкти – це реальні тривимірні конструкції, окремі елементи яких повинні мати свободу відносних механічних переміщень у просторі [2].

Специфіка проектування та розрахунку мікромеханіки обумовлена насамперед масштабним фактором, який проявляється у зростаючій ролі поверхневих сил тертя та адгезії порівняно з об'ємними інерційними силами, а також у погіршенні тепловідведення з робочої зони. При моделюванні мікромеханічних систем принципово важливими стають умови поєднання деталей, тоді як у звичайних машинах співвідношення поверхневих та об'ємних сил не є таким актуальним і не враховується у традиційній практиці розрахунку та конструювання їх деталей. Поверхневі ефекти можуть збільшити тертя настільки, що вся вихідна потужність пристрої буде зводитись до подолання сил тертя. Моделювання мікромеханічних систем вимагає ретельного формулювання контактних умов і стає ефективним, коли для аналізу фізичних процесів використовуються комп'ютерні методи, що базуються на кінцево-елементному рішенні диференціальних рівнянь, що описують ці процеси [2–8].

Проектування МЕМС, таким чином, вимагає не лише спільних зусиль фахівців в галузі механіки та електроніки, а також додаткових досліджень, що дозволяють коригувати модельні уявлення про виробі, що проектується.

Важливість комп'ютерного проектування обумовлена високою ціною відповідальністю цього етапу за кожен наступний крок у життєвому циклі виробу. Зазвичай витрати проектування МЕМС становлять 10 % загальної вартості виробу, але воно несе відповідальність за 70–80% його загальної вартості у зв'язку з високою вартістю та трудомісткістю виготовлення дослідних зразків для мікросистем.

МІЖДИСЦИПЛІНАРНИЙ АНАЛІЗ МОЕМС. Великий інтерес представляють оптичні прилади з урахуванням мікродзеркал з керованим зміною орієнтації у просторі. Мікрооптоелектромеханічні пристрої (МОЕМС) забезпечують виконання різних функцій з допомогою управління оптичним сигналом чи перетворення оптичного впливу з допомогою електромеханічного мікроустройства. Для отримання надійних, функціональних та щодо

дешевих МОЕМС принципово важливим стає етап проектування та комп'ютерне моделювання. Специфіка комп'ютерного моделювання МОЕМС залежить від необхідності вирішувати одній мікромеханічній системі кілька завдань, різних за фізичної природі. Такі комплексні завдання мають назву міждисциплінарних і вимагають особливої організації обчислювальних алгоритмів за спільним рішенням, наприклад, у разі МОЕМС – рівнянь механіки, теплопередачі та електростатики [3].

ВИСНОВКИ. В умовах розвитку інформаційних інтелектуальних технологій та впровадження систем управління в виробничі процеси, особливої актуальності набуває можливість розробки таких методів контролю, які б мали можливість удосконалення функцій автоматизації розрахунків, контролю і управління якістю продукції. Контрольовані величини в сучасній електроніці та МЕМС лежать в субмікронних областях, що робить операції контролю технологічного процесу досить трудомісткими та ресурсозатратними.

Таким чином, можна зробити висновок про необхідність автоматизації операції контролю дозволять оперативно і достовірно які отримувати інформацію про об'єкт та керувати процесом виготовлення для приладів. Подальші дослідження будуть базуватися на ефективному, малозатратному, неруйнівному методі контролю та спрямовані на розробку методів розпізнавання, при проведенні контролю.

ЛІТЕРАТУРА

1. Невлюдов І.Ш. Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації. Збірник задач [Текст]: Навчальний посібник / І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, Г.В. Пономарьова, А.О. Функендорф. Кривий Ріг: КК НАУ, 2018. 332 с.
2. Невлюдов І.Ш. Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації: Підручник для студентів вищих навчальних закладів. Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ, 2017. 444 с.
3. Nevludov, S. Maksymova, A. Funkendorf, O. Chala and K. Khrustalev, "Using MEMS to adapt ultrasonic welding processes control in the implementation of modular robots assembly processes," 2018 XIV-th International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH), 2018, pp. 223–226, doi: 10.1109/MEMSTECH.2018.8365738.
4. O. Filipenko, O. Chala and O. Sychova, "Some Issues of Dependencies of Loss from Technological Features of Optical Switches for Communication Systems," 2018 International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T), 2018, pp. 599–603, doi: 10.1109/INFOCOMMST.2018.8632051.
5. Филипенко О. І. Технологічні фактори виробництва, що впливають на якість покриттів дзеркальних поверхонь МОЕМС-перемикачів / О. І. Филипенко, О. О. Чала, М. І. Відешин // Наукові нотатки. 2017. Вип. 57. С. 178–183.
6. Filipenko O. I. Технологічні дефекти виробництва кремнієвих підкладок для функціональних відбиваючих поверхонь моемс-перемикачів / Filipenko O. I., Chala O. O., Videshyn M. I. // Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць. – Полтава: ПНТУ, 2017. Т. 2 (42). С. 61–63.
7. Филипенко О.І. Методи контролю структур топології поверхонь матеріалів виробів електронної техніки, МЕМС та МОЕМС / О.І. Филипенко, О.О. Чала, Ю.В. Бондаренко. Технология приборостроения. 2018. № 2. С. 3–7.
8. O. Filipenko, O. Chala, V. Bortnikova, O. Sychova and I. Botsman, "Impact of Technological Operations Parameters on Moems Components Formation," 2019 IEEE 8th International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers (CAOL), 2019, pp. 371–374, doi: 10.1109/CAOL46282.2019.9019570.

Науковий керівник: Чала Олена Олександрівна, к.т.н., доцент кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки

АНАЛІЗ ФУНКЦІЙ ТА ПРИНЦИПІВ РОЗРОБЛЕННЯ CRM-СИСТЕМ

Ткалін Д. А.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14

E-mail: dmytro.tkalin@nure.ua

Анотація: Проаналізовано ринок CRM-систем. Визначено види, класифікації та функціональні особливості CRM-систем. Визначено засоби розробки CRM-систем для бізнесу. Проаналізовано вибрану мову програмування та середу для розроблення системи. Розроблено модуль автоматизації CRM-систем для відділу комунікації з клієнтами.

Ключові слова: база даних, CRM, програмне забезпечення, інформаційна система.

ANALYSIS OF CRM-SYSTEMS FUNCTIONS AND DEVELOPMENT PRINCIPLES

D. Tkalin

Kharkiv National University of Radioelectronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av.,14

E-mail: dmytro.tkalin@nure.ua

Annotation: The CRM-systems market is analyzed. The CRM-systems types, classifications and functional features are determined. The means of developing CRM-systems for business are defined. The selected programming language and development environment are analyzed. The automation module of CRM-systems for department of communication with clients is developed.

Key words: database, CRM, software, information system.

ВСТУП. У цей час новітні інформаційні технології надають найкращі методи обробки та аналізу інформації, які значною мірою дозволяють розширити можливості ефективного управління та є гарантом ефективності роботи будь-якого підприємства або бізнесу. Тобто впровадження CRM-систем на даний час є дуже актуальною задачею, особливо для великих підприємств та середнього бізнесу. Розробка CRM-систем є досить складним та довгим процесом. Від вибору засобів розробки залежать не тільки функціональні особливості тієї чи іншої розробки, а і фінансові затрати на її реалізацію, час розробки та варіанти обслуговування вибраної CRM-системи.

Метою даної роботи є розробка модуля CRM-систем для підвищення ефективності роботи підрозділів по роботі з клієнтами.

Застосування такого інструменту значно спрощує роботу відділу комунікацій, прискорює прийняття рішень і сприяє налагодженню комунікації з клієнтами, унеможливорює помилки та порушення терміну виконання заявок. Сфери використання CRM-системи з кожним роком зростають як на вітчизняному ринку та у світі – це і продажі, логістика, медицина, державні сервіси, сфера харчування, виробництва та інше. Тому рано чи пізно виникає завдання автоматизації. Відрізнитися можуть лише шляхи і засоби досягнення кінцевого результату.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ. Для розроблення модуля управління комунікаціями в складі CRM-систем необхідно провести аналіз засобів їх розробки, особливостей галузі систем управління взаємовідносинами з клієнтами, а також проаналізувати функції, види, класифікації CRM-систем та виявити проблематику автоматизації процесів на базі підприємства.

Фактично розроблення запропонованого модуля буде проводитися на базі підприємства, у якого досі немає клієнтського модуля автоматичного обслуговування клієнтів. Оброблення запитів, забезпечення зворотного зв'язку здійснюються на даний час цілим відділом, де залучено декілька десятків людей. Саме тому подальша розробка модуля автоматизації

зворотного зв'язку, пов'язаного з комунікацією з клієнтом є досить важливою та актуальною задачею. Такий модуль стане буфером між клієнтом та відділом з комунікацій, забезпечить автоматичну обробку електронних листів клієнтів. Насамперед треба зазначити, що такий модуль не тільки допоможе знизити потенційне навантаження на відділ комунікації саме з обробки вхідних листів від клієнта, а і зробить цю комунікацію швидкою та незалежною від різних факторів. Таким чином клієнти будуть отримувати зворотний зв'язок через короткий час після запиту.

АНАЛІЗ CRM-СИСТЕМ. Управління відносинами з клієнтами – поняття, що охоплює концепції, які використовуються компаніями для управління їхніми взаємовідносинами зі споживачами, включаючи збір, зберігання й аналіз інформації про споживачів, постачальників, партнерів та інформації про взаємовідносини з ними [1].

Найбільший попит на CRM-рішення спостерігається в таких галузях: фінанси, страхування, телекомунікації, торгівля, дистрибуція, індустрія високих технологій та інші галузі. Таким чином, це компанії, які займаються реалізацією продукції або послуг: компанії роздрібної торгівлі, сервісного обслуговування побутової техніки чи автомобілів, банки, страхові компанії, рекламні агентства, телекомунікаційні компанії, фармацевтичні компанії, компанії-виробники та постачальники комп'ютерів, програмного забезпечення, систем автоматизації, компанії, що надають послуги зв'язку, туризму, перевезень.

В цілому CRM-система, як і більшість автоматизованих інформаційних систем, покликана швидко обробляти велику кількість інформаційних потоків і оперативно створювати реакцію на зміну середовища функціонування. Розглянемо принципи роботи CRM-системи (рис. 1).

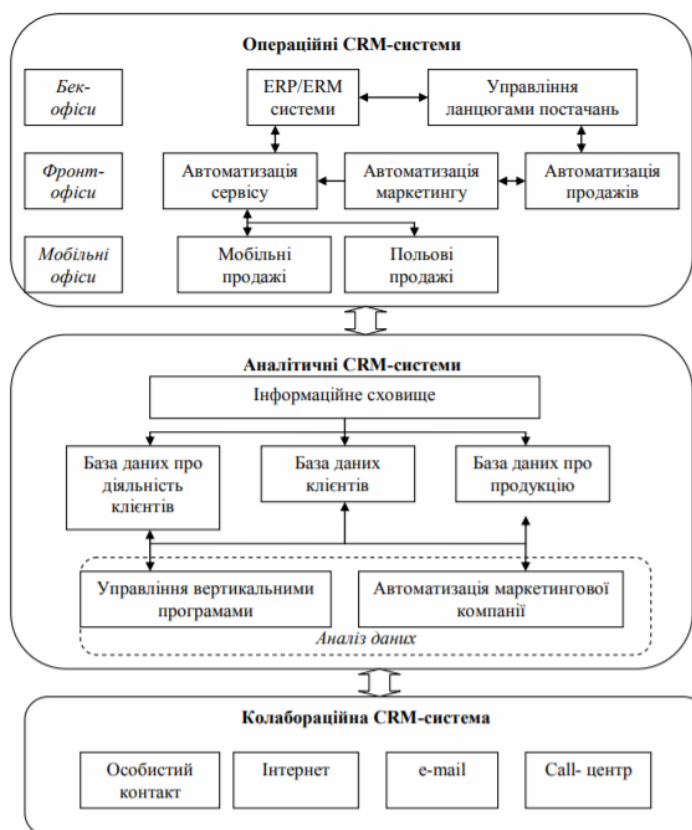


Рисунок 1 – Організація і функціонування CRM-систем

За рівнем обробки інформації і розв'язання завдань розрізняють такі типи CRM-систем: операційні, аналітичні, колабораційні [2].

Операційні CRM-системи спрощують взаємодію з клієнтами, систематизують дані про заявки і угоди, виставляють рахунки, нагадують передзвонити клієнту і можуть самі відправити йому sms-повідомлення, записують телефонні дзвінки тощо. Головне завдання

операційних CRM-систем – підвищити лояльність клієнта в процесі безпосереднього контакту з ним.

Аналітичні CRM-системи забезпечують об'єднання розрізаних масивів даних і їх сумісний аналіз для вироблення найбільш ефективних стратегій маркетингу, продажів, обслуговування клієнтів. Такі системи вимагають великого об'єму напрацьованих статистичних даних. Перші CRM-систем, в основному, належали оперативних CRM. Сучасні CRM все частіше об'єднують риси всіх трьох зазначених технологій в одній системі.

CRM взаємодії (колабораційні CRM) забезпечують можливість взаємодії компанії зі своїми покупцями через електронну пошту, чати, інтернет-форуми, call-центри (центри обробки телефонних дзвінків) і т. ін. Така взаємодія покупців з компанією дає можливість клієнтам впливати на процеси розробки продукту, виробництва, сервісного обслуговування, виказувати свої пропозиції та зауваження щодо продукції або послуг. Сучасні колабораційні CRM будуються на інтернет-технологіях, тобто мова йде про е-CRM-систему, що з'єднана з системами електронної комерції й іншими додатками, які підтримують роботу з клієнтами через Інтернет. Наприклад, е-CRM дозволяє приймати замовлення на вебсайті, відстежувати доставлення через Інтернет, розсилати маркетингові матеріали електронною поштою.

Серед CRM-систем, що пропонуються сьогодні постачальниками в Україні, зазначимо наступні: Microsoft CRM, 1С: Управління торгівлею 8.0, Siebel, Oracle CRM, E-Business Suite, Terrasoft CRM, WinPeak CRM, Парус-Менеджмент і Маркетинг, Облік CRM, Sales Expert.

В цей час є велика кількість підприємств, які вже використовують CRM-системи у своїй роботі. Основними гравцями на ринку CRM-систем України є Бітрікс24 – його використовують 26% компаній, Terrasoft – 15% та AmoCRM – 9%. Наступні місця у рейтингу між собою ділять Salesforce, Zoho та OneBox [3].

Значна частка компаній є посередниками для вендорів всесвітньовідомих програмних продуктів для автоматизації наряду роботи з клієнтами (CRM-систем), таких як SAP SRM (розробник SAP SE, Німеччина), Microsoft Dynamics CRM (розробник Microsoft Corporation, США), Bitrix24.CRM (розробник Bitrix Inc., США), Oracle CRM on demand та Oracle Siebel CRM (розробник Oracle Corporation, США) [4].

Тобто можна зробити висновок, що CRM-системи не тільки досить популярні на ринку автоматизованих рішень для бізнесу, але і мають різні варіанти реалізації.

РІШЕННЯ ЗАДАЧІ. Проведемо аналіз доцільних засобів розробки.

Для написання додатків та вебсайтів на даний час використовують об'єктно-орієнтоване програмування – одну з парадигм програмування, яка розглядає програму як множину «об'єктів», що взаємодіють між собою.

Існує багато об'єктно-орієнтованих мов програмування, зокрема, Java, C#, C++, VB, Python, PHP, Ruby та ObjectiveC, ActionScript.

Мова C# – це багатопарадигмова об'єктноорієнтована та компонентно-орієнтована мова програмування зі строгою типізацією, розроблена для платформи .NET Framework. C# та дозволяє розробляти програмне забезпечення під різні операційні системи: Windows, MacOS, Linux, Android, iOS. Mono – реалізація .Net для Linux. Середовища для розробки: Visual Studio, Visual Studio Code, Unity3D, Xamarin, SharpDevelop, MonoDevelop покривають всі операційні системи і технології, та дозволяють розробляти мобільні, настільні (desktop), вебдодатки, вбудовані (embedded) додатки та сервіси.

Згідно з стандартом ECMA-334, цілі, поставлені при розробці мови C#, були такими [5]:

- C# має бути простою, сучасною, об'єктноорієнтованою мовою програмування;
- мова має підтримувати безпечні принципи програмування, такі як строга перевірка типів, перевірка меж масиву, виявлення спробвикористання неініціалізованих змінних, і автоматичне прибирання сміття;
- можливість розробки програмних компонентів для розподілених систем;
- мова має підтримувати переносність коду;
- підтримка національних мов та інших особливостей має бути простою.

Саме ці цілі збігаються з вимогами до вибору мови розробки CRM-системи.

Також важливою частиною розробки є вибір середовища програмування, основна задача якого для розробки CRM-системи – це великі можливості тестування компонентів, симбіоз з різними платформами та пристроями, а також велика кількість бібліотек.

Microsoft Visual Studio – один з продуктів компанії Майкрософт, є інтегрованою середою розробки програмного забезпечення і ряд інших інструментальних засобів [6].

Інтегроване середовище розробки – це додаток, що надає інструменти для розроблення додатків, що зібрані в єдиний набір. Як правило, інтегроване середовище розробки містить такі типові елементи, як редактор вихідного коду, компілятор або інтерпретатор, додаткові утиліти та відладчик.

Середовище Visual Studio дозволяє розробляти додатки, використовуючи різні мови програмування. Також існує можливість розробляти додатки не тільки під Windows, а і під інші популярні платформи: Android та iOS. Середовище розробки Microsoft Visual Studio – це набір інструментів, призначених для допомоги розробникам програм у вирішенні складних завдань. Роль Visual Studio полягає в тому, щоб поліпшити процес розробки і спростити розробку високоефективних програм.

Функціональними особливостями CRM-системи, що розробляється, є: обробка бази даних з клієнтськими листами; зберігання бази даних; автоматична обробка вхідних листів від клієнтів; сортування листів за типом «Зворотного зв'язку»; автоматизація відповіді в залежності від ключових слів листа; виділення важливих листів для менеджера.

Насамперед треба зазначити, що аналоги даного модуля існують на ринку досить давно, наприклад сортувальник листів від Gmail або модуль системи Бітрікс 24.

Але якщо взяти два цих аналоги, було виявлено дві ключові проблеми.

По-перше, це шифрування та конфіденційність даних. Наприклад, Gmail не може зберігати базу клієнтів, він запам'ятовує e-mail, з яких було надіслано листи, тому якщо функція автоматичної відповіді буде запрограмована в додаток, то обліковий запис Gmail зможе отримати більше інформації, чим потрібно.

По-друге, велика кількість CRM-систем діє виключно на вебверсії своїх розробок. Для вибраного підприємства край важливо, щоб автоматизація відбувалась саме за допомогою десктопного додатка.

Отже, на основі проведеного аналізу, було прийнято, що рішення поставленої задачі буде базуватися на розробленні десктопного додатка CRM-системи, реалізованого в середовищі Visual Studio мовою програмування C#.

ВИСНОВКИ. В ході проведеної роботи було проаналізовано галузь систем управління взаємовідносинами з клієнтами, проаналізовано функції, види, класифікації CRM-систем. Проведено аналіз та вибір необхідного програмного забезпечення та вибір мови програмування для розроблення системи. Запропоновано рішення щодо варіантів реалізації вебдодатків та десктопних розробок CRM-систем.

ЛІТЕРАТУРА

1. Chen I. J., Popovich K. Understanding customer relationship management (CRM) People, process and technology // Business process management journal. – 2003. – Т. 9. – №. 5. – С. 672 – 688.
2. Юрчук Н. П. CRM-системи: особливості функціонування та аналіз українського ринку / Н. П. Юрчук. – Київ: Університет сучасних знань, 2018. 187 с.
3. Результати дослідження ринку CRM в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www/bitrix24/](http://www.bitrix24/) – 10.10.2021 р.
4. Гевко В. Класифікація інформаційних систем управління взаємовідносинами з клієнтами / В. Гевко // Соціально-економічні проблеми і держава. 2013. Вип. 2 (9). С. 44–57.
5. Коноваленко І. В. Програмування мовою C# 6.0. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів / І. В. Коноваленко. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя, 2017. 300 с.

6. Microsoft Visual Studio [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www/ URL: https://visualstudio.microsoft.com/](http://www.visualstudio.microsoft.com/) – 15.10.2021 р.

Науковий керівник: *Бабак Ірина Миколаївна, к.т.н., доцент кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки.*

УДК 338.45

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ СУЧАСНОЇ ПРОМИСЛОВОЇ РОБОТОТЕХНІКИ

Цапля Б. О.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61000, Харків, пр. Науки 14

E-mail: bohdan.tsaplia@nure.ua

Анотація: У даній статті розглядаються тенденції розвитку сучасної промислової робототехніки. Розглянуто сучасні типи промислових роботів та галузі їх використання. Зроблено висновки стосовно використання сучасних промислових роботів в різних галузях виробництва.

Ключові слова: робототехніка, виробництво, індустріальна робототехніка, робот.

TENDENCY OF DEVELOPMENT OF MODERN INDUSTRIAL ROBOTICS

B. Tsaplia

Kharkiv Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61000, Kharkiv, Nauky av., 14

E-mail: bohdan.tsaplia@nure.ua

Annotation: This article examines development trends of modern industrial robotics. Modern types of industrial robots and areas of their use are considered. Conclusions are made regarding use of modern industrial robots in various industries.

Keywords: robotics, production, industrial robotics, robot

Застосування роботів в промисловості почалося, за історичними мірками, трохи більше, ніж півстоліття тому, але уже зараз тяжко уявити сучасне виробництво без конвеєрів або сталевих маніпуляторів.

Сучасні промислові роботи (СПР) більш розумні та універсальні, ніж їх попередники. Вони можуть скоротити виробничі цикли та оптимізувати використання ресурсів. Сьогодні виробники можуть розпочати день із декількох роботів, які виконують одне завдання, а потім закінчити робочий день із тими самими роботами, які вже виконують зовсім інший набір завдань. Ця пристосованість робить СПР дуже корисними у малооб'ємному виробництві з великою кількістю різноманітних завдань.

З кожним роком попит на галузь СПР дедалі збільшується. Згідно інформації від Міжнародної федерації робототехніки (International Federation of Robotics) рекордний показник у 2,7 млн промислових роботів, що працюють на заводах по всьому світу, що демонструє ріст попиту на 12 % у порівнянні з минулорічною статистикою [1]. Тому, тема роботи є актуальна.

Роботи стануть основними засобами автоматизації з великим економічним впливом. Інвестиційні очікування в СПР високі – 88 % респондентів, очікують збільшення інвестицій, що відповідає статистиці IFR за останні роки. Зростання інвестицій у різних галузях промисловості головним чином обумовлена метою зменшення собівартість виробництва. Інвестиції також мотивовані через необхідність підвищення гнучкості в виробництві та поліпшення можливостей роботи.

Як правило промислових роботів класифікують:

1. За типом управління:

– напівавтономні – діють строго за заданою програмою, часто не здатні самостійно коригувати свої дії, не мають сенсорів і не можуть обійтися без участі оператора.

– повністю автономні – здійснюють програмовані дії без участі оператора. Відповідно до заданих алгоритмів можуть коригувати свої дії в міру необхідності. Зазвичай такі роботи повністю перекривають поле діяльності на своїй ділянці конвеєра, без залучення живої робочої сили.

2. За областями використання: фарбування, зварювання, складання, палетування, пакування та маркування, огляд та випробування, обробка матеріалів тощо.

Розглянемо деякі сучасні типи індустріальних роботів:

1. Декартові роботи, які також називаються порталними роботами і мають прямокутну конфігурацію. Ці типи промислових роботів мають три призматичних з'єднання для забезпечення лінійного руху, ковзаючи по його трьох перпендикулярних осях. Вони також можуть мати прикріплене зап'ястя, щоб забезпечити обертальні рухи [2].

Декартові роботи використовуються у більшості промислових задачах, оскільки пропонують гнучкість у своїй конфігурації, що робить їх придатними для конкретних потреб застосування (рис. 1) [3].

Декартові роботи використовуються для: навантаження та розвантаження; обробка матеріалів; збірка та розбір; переробка ядерних матеріалів; клейові аплікації.

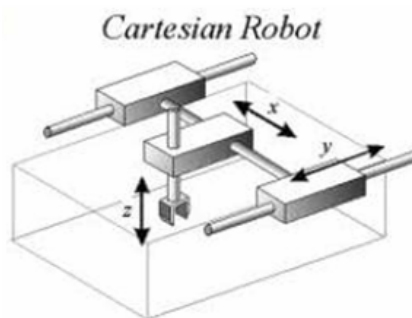


Рисунок 1 – Декартовий робот

2. Роботи SCARA – вибірковий комбінований монтажний робот) мають робочу оболонку у формі пончика і складаються з двох паралельних з'єднань, які забезпечують відповідність в одній обраній площині. Поворотні вали розташовані вертикально, а кінцевий ефект, прикріплений до кронштейна, рухається горизонтально. Роботи SCARA спеціалізуються на бічних рухах і в основному використовуються для складання. Рухи роботів типу SCARA швидші і мають простішу інтеграцію, ніж циліндричні та декартові роботи (рис. 2) [3, 4].

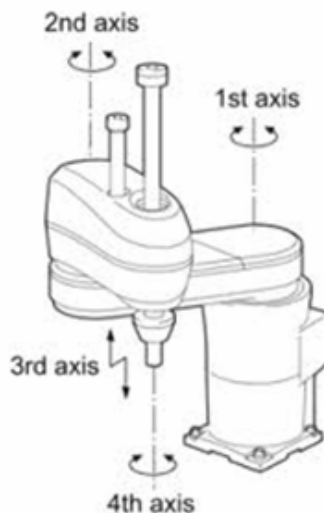


Рисунок 2 – Робот SCARA

Роботи SCARA використовуються для: обробка напівпровідникових пластин; упаковка; палетування; завантаження машин.

3. Шарнірні роботи за своєю механічною конфігурацією нагадують людську руку. Використовуються для гнучкої автоматизації як на горизонтальних, так і на вертикальних поверхнях (рис. 3) [5–6]. Його компактна структура та велика швидкість переміщення допомагають підвищити продуктивність праці та забезпечити безпеку працівників.

Шарнірні роботи використовуються для: упаковка харчових продуктів; дугове зварювання; точкове зварювання; обробка матеріалів; збір автомобілів; різання сталі; обробка скла.

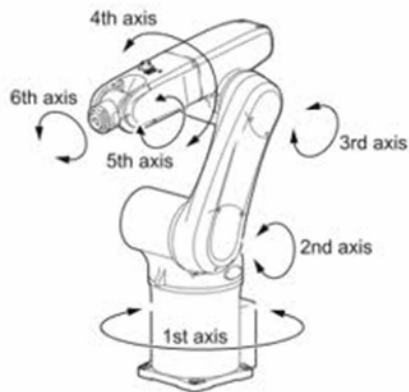


Рисунок 3 – Шарнірний робот

4. Циліндричні роботи з'являються рідше в сучасному виробництві (рис. 4) [7–8].

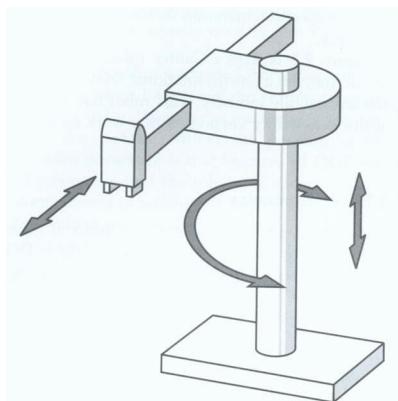


Рисунок 4 – Циліндричний робот

Циліндричні роботи мають циліндричну робочу зону з поворотним валом та висувною рукою, яка рухається вертикально та ковзає. Таким чином, роботи з циліндричною конфігурацією пропонують вертикальний та горизонтальний лінійний рух разом із обертальним рухом навколо вертикальної осі.

Циліндричні роботи використовуються для: лиття під тиском; завантаження та розвантаження машин; нанесення покриттів.

Виділимо основні тенденції розвитку промислової робототехніки:

1. Безпечні колаборативні роботи (коботи). Традиційні промислові роботи найчастіше використовувалися в автомобільній промисловості, а саме, роботи стояли за конвеєром, які налаштовані на виконання одного завдання. Таких роботів відрізняє висока продуктивність. Вони можуть бути небезпечні для людини, що опинилася в їх робочій зоні, тому при їх експлуатації необхідно дотримуватися заходів безпеки, зокрема – за допомогою огорожі.

Коботи легко переналагоджуються на виконання інших сценаріїв і рішення нових виробничих завдань, які, взагалі-то, виконували оператори безпосередньо на виробництві. У числі безумовних плюсів коботов, крім гнучкості і багатозадачності: порівняно низька ціна і, відповідно, невеликий термін окупності.

2. Машинний зір. Застосування роботів на конвеєрному виробництві для переміщення заготовок вимагає високої точності їх позиціонування – не завжди можливо і тоді на допомогу приходять машинний зір. Цифрова камера отримує зображення заготовки в робочій зоні робота, програмне забезпечення його аналізує, формулює перед роботом завдання і той їх виконує. Завдання, які можна вирішувати за допомогою машинного зору: контроль процесу складання виробу, підрахунок об'єктів, вимірювання їх параметрів і т.п.

3. Технології штучного інтелекту і машинного навчання. Промислові роботи стають все більш розумними, вмільми, знаходять все нові сфери застосування. Така робототехніка має більший ступенів автономності, розпізнавання змін навколишнього оточення та варіативності в реакціях на ці зміни.

4. Кібербезпека. Творці роботів багато уваги приділяють фізичній безпеці взаємодії людини і робота на виробництві, забуваючи часом про кібербезпеку. Основна причина: інформаційне середовище підприємства, в якому працює робот, як передбачається, спочатку безпечно. Але це не завжди так, оскільки іноді роботи безпосередньо підключаються до Інтернету – наприклад, для оновлення прошивки від виробника. Та й саме внутрішня ІТ-середовище підприємства не завжди достатньо захищене. Тому йде тенденція розвитку кібербезпеки.

Таким чином, розглянувши деякі типи найпоширеніших індустріальних роботів можна сказати, що роботи займають переважно некваліфіковані та небезпечні роботи і можуть призвести до значного скорочення зайнятості на окремих заводах та зменшення кількості травм на робочому місці. Розглянуті типи індустріальних роботів: декартовий робот, робот SCARA, шарнірний робот, циліндричний робот є найпоширенішими в використанні в сучасному міжнародному виробництві. В ході проведеного аналізу в галузі сучасних СПР виділено основні тенденції розвитку промислової робототехніки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кормин, Т.Г. Анализ показателей эффективности предиктивной аналитике в сфере промышленной робототехники // Modern Science 3-2. 2021. P. 507–513.
2. Zhengtuo W. Grasping pose estimation for SCARA robot based on deep learning of point cloud // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 108.4. 2020. P. 1217–1231.
3. Yunbo H. Research on Motion Simulation of Wafer Handling Robot Based on SCARA // 2018 19th International Conference on Electronic Packaging Technology (ICEPT). IEEE, 2018. P. 1212–1220.
4. Parada I. A new meta-module design for efficient reconfiguration of modular robots // Autonomous Robots. 2021. P. 1–16.
5. Андряшин, В.А. Способ повышения точности позиционирования промышленного робота // Инновационный кластер, 2018. С. 23–25.
6. Giorgio D. Artificial Intelligence Control in 4D Cylindrical Space for Industrial Robotic Applications // IEEE Access 8. – 2020. – P. 174833–174844.
7. Fikrul Akbar A. The Kinematics Analysis of Robotic Arm manipulators Cylindrical Robot RPP Type for FFF 3D Print using Scilab // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 494. No. 1. IOP Publishing. 2019. P. 65–70.

Науковий керівник: Сотник Світлана Вікторівна, к.т.н., доцент кафедри КІТАМ, Харківського національного університету радіоелектроніки

АВТОМАТИЗОВАНІ РОБОТИ ДИЗІНФЕКТОРИ – ТРЕНД СЬОГОДЕННЯ

Шило Н. Ю., Сидоренко А. В., Дерев'янка І. І.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: nazar.shylo@nure.ua, iryna.derevianko@nure.ua

Анотація: У статті представлено описано сучасні автоматизовані системи дезінфекції, зокрема мобільні роботи. Наведено їхні основні характеристики, особливості роботи, переваги

та недоліки.

Ключові слова: пандемія, дезінфекція, мобільний робот.

AUTOMATED DISINFECTOR ROBOTS – TODAY'S TREND

N. Shylo, A. Sydorenko, I. Derevianko

Kharkiv National University of Radioelectronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av., 14

E-mail: nazar.shylo@nure.ua, iryna.derevianko@nure.ua

Abstract: The article presents modern automated disinfection systems, especially mobile robots. There are their main options, workink features, advantages and disadvantages.

Key words: pandemic, disinfection, mobile robot.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Сьогодні в усьому світі, не існує майже ні одної галузі людського життя, яка б розвивалася без використання автоматизованих приладів чи окремих систем на всіх рівнях. В умовах, що склалися, медицина та санітарія не є виключенням. У період пандемії і подібних вірусологічних захворювань, автоматизація є досить важливим аспектом для вирішення різного роду проблем, що пов'язані з заміною людської праці у тих випадках, коли для людини виникає небезпека.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Дана стаття описує типи мобільних роботів-дезінфекторів, їх основні характеристики. Також висвітлюються основні переваги й недоліки таких автоматизованих систем, області їх застосування.

Більшість вірусів поширюються саме через контакт «людина-людина», або деякий час знаходяться на предметах поруч. Тому, для вирішення таких проблем, все частіше, використовують автономні мобільні пересувні платформи, наприклад, для дезінфекції приміщень чи їх частин.

Інновації в конструкціях роботів і робочих інструментів (механічних захватів, присосок, оброблювальних і зварювальних головок і т. п.), які застосовуються в одну з галузей, можуть бути адаптовані і для застосування в інших областях промисловості [1–5].

Багаточисленні конкурси в області робототехніки надихають інженерів на просування та популяризацію роботів у сферах освіти, розваг, послуг та технологій. Значні зусилля направлені на те, щоб адаптувати роботів для усунення пожеж, пошукових та рятувальних операцій, ліквідації наслідків стихійних лих, використання в небезпечних зонах для запобігання виробничих травм [1].

В сучасні робототехніці симбіоз інженерно-апаратних рішень та програмного забезпечення (ПЗ) роботів для їх кодування стають з кожним роком все більше інтегрованими та створюються цілі системи підтримки прийняття рішень (СППР):

– штучний інтелект дозволяє використовувати історію попередніх дій, для адаптації роботів у різних умовах;

– кібербезпека дозволяє запобігти введенню шкідливого коду і не допустити несанкціонованого дистанційного управління;

– частіше використовується принцип блочного програмування, до того ж функціональні блоки, які відповідають за виконання тих чи інших рухів або робочих сценаріїв, можуть бути як запропоновані постачальником програмного забезпечення, так і доповнені кінцевим користувачем, виробником оригінального обладнання, конструктором кінцевого заводського обладнання або системним інтегратором;

– інтерактивна сенсорна інформація та інструкції можуть бути передані від кінцевих виконавчих пристроїв, датчиків, а також інших пристроїв і систем;

– для запобігання аварійних ситуацій і підвищення якості виконання операцій можуть використовуватися машинний зір або вбудовані безпосередньо в технологічну оснастку радіочастотні ідентифікаційні чіпи. Такий підхід дасть можливість вчасно виявити і компенсувати знос інструменту;

– програмування з відкритим вихідним кодом дозволяє сумісно використовувати системи роботів від різних виробників;

– функція «Навчання демонстрацією» дозволяє деяким роботам під час руху по невизначеному маршруту одночасно поповнювати свою базу знань, запитуючи в 13 певних ситуаціях, чи є маршрут від А до С кращим за маршрут від А до В, а потім до С;

– комп'ютерні середовища модулювання дозволяють детально імітувати поведінку робота та його оточення. Це видає можливість провести повне тестування виконавчих пристроїв (інструментів та маніпуляторів), декількох комбінацій роботів або машин, елементів безпеки та задач, які задовольняють правильність проєктування і функціонування робота ще до його встановлення або придбання;

– універсальне ПЗ дозволяє імпортувати та використовувати дані з кінематики робота (правилами його руху) в уніфікованому вигляді;

– майстер підказок» або покроковий «Майстер команд» дозволяють запрограмувати дії робота без безпосереднього написання коду, з використанням покрокової інструкції схеми с випадальними списками команд, списками вибору варіантів та підказок [4].

Виходячи із визначення, мобільний робот – автоматична машина, в якій є рухоме шасі з автоматично керованими приводами. Такі роботи можуть бути колісними, крокуючою і гусеничними (існують також плазують, плаваючі і літаючі).

Рух роботів можна розглядати в двох аспектах: спосіб пересування, або кінематична схема, і безпосередньо актюатори, або силова частина маніпуляторної системи.

Для переміщення роботів зараз використовують різні типи електроприводів, пневматичні м'язи, гідравлічні приводи і п'єзоактюатори, причому привід може як встановлюватися безпосередньо в зчленуванні, так і передавати рух за допомогою так званих сухожилів, що поширене антропоморфних роботах.

Найчастіше роботи використовують колісні або гусеничні мобільні роботизовані платформи.

Найбільш поширеними роботами даного класу є [6] чотириколісні і гусеничні роботи. Створюються також роботи, які мають інше число коліс – два або одне.

Такого роду рішення дозволяють спростити конструкцію робота, а також надати роботу можливість працювати в просторах, де чотириколісна конструкція виявляється непрацездатна.

Двоколісні роботи, як правило, для визначення кута нахилу корпусу робота і вироблення подається на приводи роботів відповідного керуючої напруги (з метою забезпечити утримання рівноваги і виконання необхідних переміщень) використовують ті чи інші гіроскопічні пристрої.

Завдання утримання рівноваги двоколісного робота пов'язана з динамікою зворотного маятника. На даний момент, розроблено безліч подібних «балансуючих» пристроїв [5].

До таких пристроїв можна віднести Сегвей, який може бути використаний, як компонент робота; так наприклад сегвейіспользован як транспортна платформа в розробленому НАСА роботі Робонавт.

Одноколісні роботи багато в чому є розвиток ідей, пов'язаних з двоколісними роботами. Для переміщення в 2-D просторі в якості єдиного колеса може використовуватися куля, що приводиться в обертання декількома приводами.

Кілька розробок подібних роботів вже існують. Прикладами можуть служити шаробот розроблений в університеті Карнегі – Меллона, шаробот «BallIP», розроблений в університеті Тохоку Гакуїн (англ. Tohoku Gakuin University), або шаробот Rezero, розроблений в Швейцарській вищій технічній школі [3, 5]. Роботи такого типу мають переваги, пов'язані з їх витягнутою формою.

Існує кілька прототипів сферичних роботів. Деякі з них для організації переміщення використовують обертання внутрішньої маси. Роботів подібного типу називають англ. spherical orb robots, англ. orb bot і англ. ball bot [1].

Для переміщення по нерівних поверхнях, траві і кам'янистій місцевості розробляються шестиколісні роботи, які мають більше зчеплення, в порівнянні з чотириколісним.

Ще більше зчеплення забезпечують гусениці. Багато сучасні бойові роботи, а також роботи, призначені для переміщення по грубим поверхням розробляються як гусеничні.

Разом з тим, утруднене використання подібних роботів в приміщеннях, на гладких покриттях і килимах.

В період стрімкого попиту на роботи дезінфектори (об'єм світового ринку роботів дезінфекторів склав у 2017 році, середньорічний темп зросту до початку епідемії COVID-19 у КНР прогнозувався на рівні 48 % на відрізкові до 2022 року, що повинно було забезпечити приріст в за п'ять років) їх стали випускати, як у якості 16 нових розробок та і перепрофільовувати вже існуючі, що свідчить про актуальність обраної теми.

За способами дезінфекції можна виділити також декілька: сухі та рідинні. Спочатку, основний сегмент ринку припадав на роботів, які застосовували для дезінфекції жорстке ультрафіолетове випромінювання (UVD) – 87 % ринку (рис. 1).

Такий метод дезінфекції найбільш зручний, так як не призводить до накопичення дезінфікуючих засобів на поверхнях і не потребує подальшої обробки.

До недоліків такого типу можна віднести жорсткий вплив випромінювання, тобто, підвищений знос поверхонь та матеріалів, які чутливі до ультрафіолету. Спочатку, роботи що розпилюють антисептики були менш затребуваними.

Усього 13 % ринку припадали на роботів, які розпилюють рідкі антисептики. Але в умовах пандемії дане співвідношення різко змінилося. За дослідженнями вчених розпилювання антисептичних засобів – найефективніший спосіб боротьби з коронавірусом. Роботів-розпилювачів почали використовувати для дезінфекції вулиць та інших великих приміщень, і попит на такі розробки різко зріс.

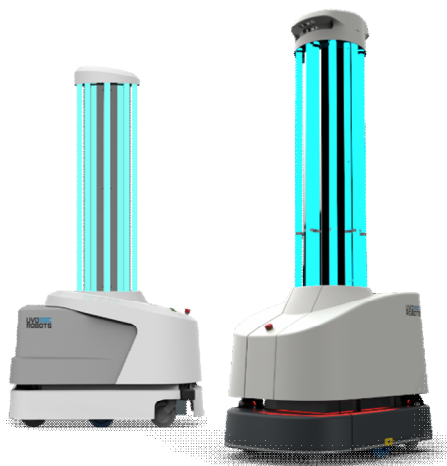


Рисунок 1 – UVD робот-дезінфектор

До початку пандемії лідерами ринку дезінфікуючих роботів були Bioquell, STERIS, Surfaced, The Clorox Company, Tru-D SmartUVC, Xenex, і головною областю застосування їх продукції була боротьба з внутрішньо лікарняною інфекцією.

Зараз застосування подібних продуктів можливе в місцях концентрації людей, які входять до групи ризику (дитсадки, будинки для пристарілих, школи), масового скупчення людей (транспорт, торгові центри) тощо [4]. Різноманіття технологій створення мкросистемної техніки [6–10] – дало поштовх для створення колобараційних роботів дизенфекторів, що відрізняються багатофункціональністю та точністю.

ВИСНОВКИ. Упровадження мобільних роботів-дизенфекторів можливе в умовах виробництва для обробки технологічних приміщень. Такі пристрої можна використовувати в медичних установах, офісах, готелях, аеропортах, вокзалах тощо для санітарно-протиепідемічних обробок та дезінфекції. Ймовірність бути зараженим вірусом є досить малою завдяки таким пристроям. Вони усувають значну кількість контактів і можуть покривати чималу площу дезінфекції.

ЛІТЕРАТУРА

1. Невлюдов І. Ш. Трансфер технологій у сучасній науці, освіті та виробництві в умовах четвертої промислової революції «ІНДУСТРІЯ 4.0» / Невлюдов І. Ш., Чала О. О., Олександров Ю. М. // Сучасний рух науки: тези доп. VIII міжнародної науковопрактичної інтернет-конференції, 3-4 жовтня 2019 р. Дніпро, 2019. Т.2 С.: 604–608
2. Невлюдов, І.Ш. Людино-машинний інтерфейс в технічних засобах автоматизації: Навчальний посібник [Текст] / І.Ш. Невлюдов, О.І. Филипенко, Б.О. Шостак. – Харків: «ХТМТ», 2019. 244 с.
3. Промышленные роботы: тренды и типы [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://controleng.ru/wp-content/uploads/> 11.11.2021 р. – Загол. з екрану.
4. Роботы против вирусов [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/340236576_Roboty_protiv_virusov_2021 / 11.01.2021 р. – Загол. з екрану.
5. UVD Robots Brochure [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://medtradex.com/assets/Uploads/UVD-Robotics-Brochure-2018-G> / 11.05.2021 р. – Загол. з екрану.
6. Важнейшие классы роботов и способы их перемещения [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://sites.google.com/site/gsomkor/home/istoria> 20.05.2021 р. – Загол. з екрану.
7. Чала, О. О. Технологічне забезпечення якості підкладок функціональних компонентів мікрооптоелектромеханічних систем : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.27.06 "Технологія, обладнання та виробництво електронної техніки" / О. О. Чала ; М-во освіти і науки України, Харків. нац. ун-т радіоелектроніки. – Харків, 2021. 24 с.
8. Шило Н. Ю. Зв'язок промислової автоматизації і контролюючих систем / Н. Ю. Шило // Автоматизація та приладобудування («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2020) [Електронний ресурс] : збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки ; [редкол. : І.Ш. Невлюдов та ін.]. Харків : ХНУРЕ, 2020. Вип. 2. С. 129–133.
9. Невлюдов І.Ш., Демська Н.П., Чала О.О., Демська А.І. Групове управління гнучкими виробничими системами у виготовленні МЕМС виробів. Міжнародна науково-практична конференція «Математичне моделювання процесів в економіці та управлінні проектами і програмами (ММП-2018)», Коблево, 10-14 вересня 2018 р. Харків: ХНУРЕ, 2018. С. 101 -103
10. Невлюдов И. Ш., Палагин В. А., Чалая Е. А. Технологии микросистемной техники (часть II) // Технология приборостроения. 2015. №. 2. С. 5-10.

Науковий керівник: Чала Олена Олександрівна, к.т.н., доцент кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки.

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВЕБ-СОКЕТІВ ДЛЯ АСИНХРОННОЇ КЛІЄНТ-СЕРВЕРНОЇ ВЗАЄМОДІЇ ВЕБ-ПРОГРАМ ПРОМИСЛОВОЇ АВТОМАТИЗЦІЇ

Шило Н. Ю., Сидоренко А. В., Буць Д. Є.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: nazar.shylo@nure.ua, dmytro.buts@nure.ua

Анотація: Проаналізовано сучасні підходи до реалізації асинхронної клієнт-серверної взаємодії веб-програм. Розглянуто ефективність та недоліки основних реалізацій. Для основних алгоритмів наведено принципи їх функціонування. Запропоновано підхід до застосування технології веб-сокетів для взаємодії в реальному часі.

Ключові слова: веб-програма, AJAX, асинхронна взаємодія, технологія опитування, черга запитів очікування, веб-сокети.

FEATURES OF APPLICATION OF WEB SOCKET TECHNOLOGY FOR ASYNCHRONOUS CLIENT-SERVER INTERACTION OF INDUSTRIAL AUTOMATION WEB-PROGRAMS

N. Shylo, A. Sydorenko, D. Buts

Kharkiv National University of Radioelectronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av., 14

E-mail: nazar.shylo@nure.ua, dmytro.buts@nure.ua

Abstract: This paper analyzed existed approaches of implementation an asynchronous clientserver interaction between/for application. There were considered efficiency and disadvantages of main algorithms and described the principles of their functioning. For web socket technology is described approach for real-time interaction.

Key words: web application, AJAX, asynchronous interaction, Pull technology, Push technology, Long pooling, WebSockets.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Протокол WebSocket («веб-сокет»), описаний у специфікації RFC 6455, забезпечує можливість обміну даними між браузером та сервером через постійне з'єднання. Дані передаються в обох напрямках у вигляді «пакетів», без розриву з'єднання і додаткових HTTP-запитів.

WebSocket особливо хороший для сервісів, які потребують постійного обміну даними, наприклад онлайн ігри, торгові майданчики, що працюють у реальному часі, і т.д.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Дана стаття описує особливості роботи сучасних веб-застосунків, обмін даними між користувачами в режимі реального часу за допомогою технології WebSocket.

Вебсокети (WebSockets) це просунута і відносно нова технологія, що дозволяє відкрити постійне двонаправлене мережеве з'єднання між браузером користувача та сервером. За допомогою його API ви можливо відправити повідомлення на сервер і отримати відповідь без виконання HTTP запиту, причому цей процес буде подієво-керованим. Для доведення унікальності вебсокетів – розглянемо ситуацію.

Припустимо, що необхідно написати додаток для розсилки. По-перше, треба зробити «клієнт», який буде перевіряти, чи є нові повідомлення кожну хвилину. Проте, більшу частину часу не було ніяких нових повідомлень, а «клієнт» щохвилини посилає нові запити, викликаючи величезне навантаження на сервер. Цей метод був дуже популярний, і називався Polling. Ним і зараз користуються, навіть великі компанії.

Логічно, що єдиним правильним рішенням буде зробити так, що сервер відсилав повідомлення на «клієнт» наскільки швидко, наскільки це можливо. Тобто «клієнт 2» не має ініціалізувати запит, цим має займатися сервер. Це було неможливо впродовж довгого часу, але як тільки була представлена технологія вебсокетів, це, нарешті, стало можливим [1].

Розробникові здається, що єдиним рішенням є направлення повідомлення «клієнта», як тільки пошта є доступною. «Клієнт» не повинен ініціювати запит, а сервер робить це. Це було неможливо протягом тривалого часу, але з винаходом WebSockets це стало майже ідеальним рішенням.

WebSockets є протоколом і API JavaScript, протокол є дуже низькорівневим, повністю двостороннім протоколом, який означає, що повідомлення можуть бути відправлені в обох напрямках одночасно. Це дало можливість серверу відсилати дані на «клієнт», замість того, щоб робити протилежне. Polling і Long Polling стали менш затребуваними.

Оскільки WebSockets забезпечують спосіб спілкування в обох напрямках, то вони часто використовуються для додатків реального часу. Якщо, наприклад, для відбувається стороння зміна даних, то є можливість безпосередньо оновити візуалізовані дані для всіх користувачів за допомогою WebSockets [2].

Як тільки сторінка сайту відчиняє WebSocket на сервер – створюється спеціальний Javascript-об'єкт. Все відбувається так само як в звичайному HTTP-запиті.

Браузер підключається по протоколу TCP на 80-й порт сервера, але дає незвичайний GET-запит, і, якщо сервер підтримує WebSocket – відповідає. Якщо браузер це «влаштовує», то залишається TCP-з'єднання відкритим. Все – встановлення зв'язку відбулося, канал обміну даними готовий [3].

«Один або кілька байтів» – досить незвичний спосіб вказівки довжини «тіла» повідомлення [1]. Щоб не створювати обмежень на довжину переданого повідомлення і в той же час не витрачати байти нераціонально, розробники протоколу використали нижче наведений алгоритм.

Коефіцієнт корисної дії такого протоколу наближається до 95% [2]. Різниця буде особливо помітною, якщо виконується частий обмін невеликих блоків даних. Швидкість обробки також наближається до швидкості чистого TCP-сокета [4].

Але, необхідно відмітити як недоліки, так і переваги. Швидкість і ефективність передачі забезпечує малий розмір переданих даних, який, іноді навіть буде поміститися в один TCP-пакет, що залежить від логіки розробника [3]. При необхідності враховувати, що з'єднання готове і не потрібно витрачати час і трафік на його встановлення.

Комплексні веб-додатки – в HTTP передбачено обмеження на число одночасних відкритих сесій до одного сервера [2]. Тому для безлічі різних асинхронних блоків на сторінці доводиться робити не тільки серверний, а й клієнтський мультиплексор. Це обмеження не поширюється на протокол WebSocket – відкривається стільки, скільки необхідно.

Ще одна особливість: в якості єдиного дозволеного кодування обрана UTF-8.

Якщо приділити увагу недолікам, то необхідно виділити нижче наведене. В одному з проєктів, що переводяться на цей протокол, з'ясувалося, що всі користувачі, які використовували антивірус Avast в стандартній конфігурації і не могли коректно працювати з додатком. У Avast за замовчуванням включений режим так званого «Веб-екрану», і прийняв рішення, що WebSocket протокол є некоректним і, як наслідок, «різав» його.

Значення WebSocket для розробників та архітекторів:

1. Незалежний протокол на основі TCP, але він призначений для підтримки будь-якого іншого протоколу, який традиційно, працює лише над TCP-з'єднанні.

2. Транспортний рівень, з яким може працювати будь-який інший протокол. WebSocket API підтримує можливість визначення суб-протоколів: бібліотек протоколів, з можливістю в інтерпретування певних протоколів.

3. Приклади таких протоколів включають XMPP, STOMP та AMQP. Розробникам більше не потрібно думати з погляду парадигми HTTP запит-відповідь.

4. Єдина вимога на стороні браузера – це запуск бібліотеки JavaScript, яка може інтерпретувати з'єднання WebSocket, встановлювати та підтримувати з'єднання WebSocket.

5. На стороні сервера промисловим стандартом є використання існуючих бібліотек протоколів, що працюють над TCP, та використання шлюзу WebSocket.

На рис. 1 наведено функціональні можливості WebSocket.

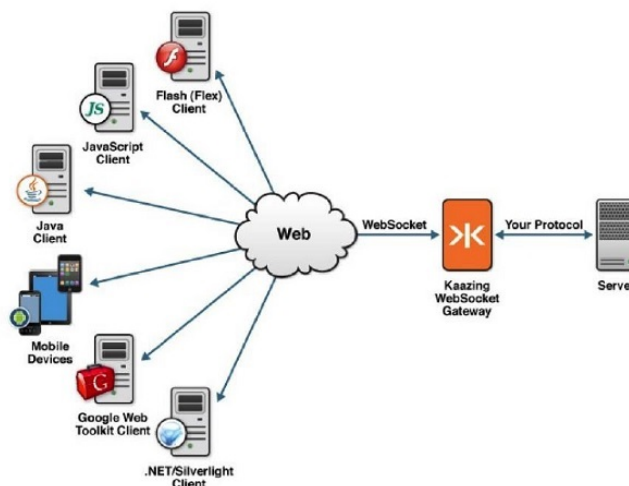


Рисунок 1 – Функціональні можливості WebSocket

З'єднання через Web Socket ініціюються через HTTP; HTTP-сервери, зазвичай, інтерпретують «рукописання» Web Socket як запит на оновлення.

Веб-сокети забезпечують з'єднання між веб-сервером і клієнтом таким чином, що обидві сторони можуть розпочати відправлення даних.

Кроки для встановлення з'єднання WebSocket такі:

1. Клієнт встановлює з'єднання через процес, відомий як рукописання Web Socket.
2. Процес починається з того, що клієнт надсилає на сервер звичайний HTTP-запит.
3. Потрібне оновлення заголовка. У цьому запиті він «повідомляє» серверу, що запит на підключення до веб-сокету.

URL-адреси веб-сокетів використовують схему ws. Вони також використовуються для безпечних з'єднань через веб-сокети, еквівалентні HTTP [5].

Простий приклад заголовка запиту зображений на рис. 2.

```
GET ws://websocket.example.com/ HTTP/1.1
Origin: http://example.com
Connection: Upgrade
Host: websocket.example.com
Upgrade: websocket
```

Рисунок 2 – Приклад заголовка запиту

Як сучасний протокол, зв'язок між джерелами відбувається прямо в WebSocket. WebSocket дозволяє спілкуватися між сторонами у будь-якому домені. Сервер вирішує, чи зробити свою службу доступною для всіх клієнтів, або тільки для тих, хто знаходиться в наборі чітко визначених доменів.

Кожне повідомлення, що передається між сервером WebSocket та клієнтом WebSocket, містить певний ключ, який називається «маскуючим» ключем і дозволяє будь-яким посередникам, сумісним із WebSocket, знімати «маску» та перевіряти повідомлення.

Якщо посередник не сумісний із WebSocket, повідомлення не може бути порушено. Браузер, який формує протокол WebSocket, обробляє «маскування» [6].

ВИСНОВКИ. Технологія WebSocket широко використовується майже в усіх веб-застосунках, де потрібний швидкий обмін інформацією, моніторинг та відображення статистики в режимі «реального часу».

Веб-сокети є досить гнучкими і користуються попитом не тільки у веб-застосунках, але і в інших програмах різноманітного призначення.

Технологія, що була розглянута, дозволяє створювати інтерактивне з'єднання між клієнтом (браузером) та сервером для обміну повідомленнями у режимі реального часу. Веб-сокети, на відміну від HTTP, дозволяють працювати з двонаправленим потоком даних, що робить цю технологію унікальною та, такою, що може бути успішно використаною в промислових автоматизованих системах [5–12].

ЛІТЕРАТУРА

1. Berners-Lee T., Cailliau R., WorldWideWeb: Proposal for a HyperText Project - Tech, rep., CERN, 1990. 18 p.
2. Jesse James Garrett. Ajax: A new Approach to Web Application. AdaptivePath, 44p.
3. Specification of the XMLHttpRequest object from the Level 1 W3C Working Draft released on April 5th, 2006. W3.org. 67 p.
4. Vanessa Wang, Frank Salim, Marcelo Jabali, The Definitive Guide to HTML5 - WebSocket, 2012, 200p.
5. Pene Lubbers, Brian Alers, Frank Sailm, Pro HTML5 Programming. Second edition. Apress, 2011. 353 p.
6. Шило Н. Ю. Зв'язок промислової автоматизації і контролюючих систем / Н. Ю. Шило // Автоматизація та приладобудування («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2020) [Електронний ресурс] : збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки ; [редкол. : І.Ш. Невлюдов та ін.]. Харків : ХНУРЕ, 2020. Вип. 2. – С. 129–133.
7. Шило Н. Ю. Засоби захисту систем промислової автоматизації та управління / Н. Ю. Шило // Автоматизація та приладобудування («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2020) [Електронний ресурс] : збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки ; [редкол. : І.Ш. Невлюдов та ін.]. Харків : ХНУРЕ, 2020. Вип. 2. С. 140–144.
8. Невлюдов І. Ш. Трансфер технологій у сучасній науці, освіті та виробництві в умовах четвертої промислової революції «ІНДУСТРІЯ 4.0» / І. Ш. Невлюдов, О. О. Чала, Ю. М. Олександров // Сучасний рух науки: тези доп. VIII міжнародної науково-практичної інтернетконференції, 3-4 жовтня 2019 р. Дніпро, 2019. Т.2 С.: 604–608.
9. Невлюдов І.Ш., Палагин В.А., Чалая Е.А. «Технологиии микросистемной техники (часть II)», НТЖ «Технология приборостояния». X., 2015. №2.
11. Nevludov, I., Yevsieiev, V., Maksymova, S., & Filippenko, I. (2020). Development of an architectural-logical model to automate the management of the process of creating complex cyber-physical industrial systems. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4(3 (106), 44–52. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.210761.
12. Bortnikova, V., Nevludov, I., Botsman, I., & Chala, O. (2019, June). Search Query Classification Using Machine Learning for Information Retrieval Systems in Intelligent Manufacturing. In ICTERI (pp. 460–465).

Науковий керівник: Чала Олена Олександрівна, к.т.н., доцент кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки.

ЛІНІЙНІ П'ЄЗОДВИГУНИ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИКИ ТА МАШИНОБУДІВНИХ КОНСТРУКЦІЯХ

Шостенко С. С., Буць Д. Є.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: svitlana.shostenko@nure.ua, dmytro.buts@nure.ua

Анотація: У даній роботі доведено актуальність та доцільність використання п'єзоелектричних двигунів у приладах автоматики та машинобудівних конструкціях. Початі роботи з досліджень параметрів конструктивного виконання підвищенні на коефіцієнта корисної дії та збільшенні питомої потужності п'єзодвигуна, зменшення його габаритних розмірів, забезпечення зворотного ходу, збільшення ресурсу та надійності двигуна за рахунок використання фрикційного режиму передачі моменту шляхом використання елементу рівноваженості конструкції.

Ключові слова: П'єзоелектроніка, п'єзотехніка, п'єзоелектричний двигун

LINEAR PIEZOELECTRIC MOTORS IN AUTOMATION SYSTEMS AND MACHINE-BUILDING STRUCTURES

S. Shostenko, D. Buts

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, 14 Nauki Ave.

E-mail: svitlana.shostenko@nure.ua, dmytro.buts@nure.ua

Abstract: This paper proves the relevance and feasibility of using piezoelectric motors in automation devices and machine-building structures. Work has begun on the study of design parameters to increase the efficiency and increase the specific power of the piezoelectric engine, reduce its overall dimensions, provide reverse stroke, increase the life and reliability of the engine through the use of friction torque by using the element of structural equilibrium.

Keywords: Piezoelectronics, piezoelectric equipment, piezoelectric motor

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. На сьогоднішній день розвиток мікро та наноприладобудування направлений в сторону зменшення геометричних розмірів та ваги виробів. Сучасні прилади з кожним роком все більш розвиваються у напрямку мікромініатюризації. Як наслідок, на ринку інтегрованих технологій та виробів все частіше можна зустріти мініатюрні пристрої, які не поступаються у технічними характеристиками та точністю. Проте зі зменшенням геометричних розмірів сучасні тенденції потребують не знижувати показники точнісних характеристик виробів. Вирішенням такої проблеми може стати використання мініатюрних прецизійних пристроїв, які є малогабаритними та відповідають необхідними технічними характеристиками [1–15]. Саме до такого сегменту відноситься п'єзоелектроніка (рис. 1).

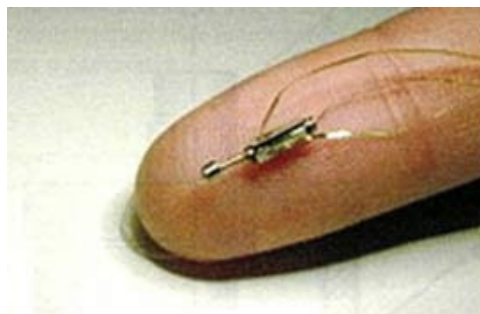


Рисунок 1 – Приклад приладу п'єзоелектроніки

Розробкою п'єзоелектричних пристроїв займається досить широке коло вчених в усьому світі. Автоматизація – один з найперспективніших напрямків приладобудування. Об'єднання цих двох напрямків (автоматизації та п'єзоелектроніки) є досить перспективним. Використання п'єзодвигунів у складі приладів маніпуляторів може вирішити широке коло питань, що гостро стоїть в робототехніці.

П'єзодвигуни можуть бути використані для будь якого типу маніпулятора, в залежності типу їх переміщення. Це не тільки зменшить масогабаритні параметри роботів, а й значно підвищить точність їх позиціонування. Тому, обрана тема є досить актуальною та своєчасною.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. П'єзоелектричні двигуни відрізняються від інших типів досить високою надійністю, яка не поступається електронним схемам. Також необхідно відмітити та високу радіаційну стійкість таких приладів, що значно розширює сферу їх застосування. Ці прилади можуть зберігати працездатність під час впливу всіх відомих видів радіоактивного випромінювання.

П'єзодвигуни також мають стійкість до дії різних агресивних середовищ, тільки плавикова кислота здатна пошкодити п'єзокераміку, що й дозволяє використовувати мотор в ряді хімічних виробництв [8].

Висока термостійкість, елементи які виготовлені з деяких марок п'єзокераміки, таких як ЦТС (цирконат-титанат свинцю) та ПК (п'єзоелектричний кераміка), не втрачають своїх властивостей, навіть, при температурі до 300 °С – 400 °С. Якщо в п'єзокерамічному матеріалі відмічаються додавання сплавів на основі кобальту, то елемент здатен витримати до 700 °С. Узагалі, саме спеціально для таких екстремальних температурних умов роботи, як, наприклад, паливна система двигунів, було розроблено високостабільну та високотемпературну п'єзоелектричну кераміку.

Слід зазначити, що діелектрична природа п'єзоелемента – це функціонування, що базується на основі дії електричного поля, а не струму провідності. Малі значення струму та відсутність тепловиділення та теплопровідності на низьких частотах, визначають ще одну важливу перевагу за критерієм надійності – вибухобезпечного елемента.

Головною особливістю п'єзомоторів є сама основа за рахунок якого відбувається механічне переміщення – це п'єзоелектричний ефект.

Спираючись на фізичні принципи, можна стверджувати що, якщо подавати механічний тиск на кристал, наприклад, турмаліну у певному напрямку, на протилежних сторонах кристала з'являються електричні заряди, пропорційні тиску і протилежної полярності. Саме на базі цього дослідження було зрозуміло, що п'єзоелектрики, а зокрема п'єзокераміка, відрізняється своєю реакцією на деформацію, бо під цим механічним тиском на їх поверхнях виникають електричні заряди – що і називається прямим п'єзоелектричним ефектом.

Також, необхідно враховувати зворотній п'єзо ефект. Матеріал розташований між двома електродами, реагує на прикладену до нього електричну напругу, змінюючи свою форму. Більш детальне дослідження показало, що цей ефект можна пояснити властивістю елементарної комірки структури матеріалу (найменша симетрична одиниця матеріалу), з нею шляхом багаторазового повторення, можливо отримати мікроскопічний кристал.

Дослідження показало, що обов'язковим параметром для появи п'єзоелектричного ефекту є відсутність центру симетрії в елементарній комірці. Таким чином можна резюмувати, що прямий п'єзоелектричний ефект, це поляризації п'єзоелектрика при механічному впливі на нього та деформації. А зворотній п'єзоелектричний ефект полягає в механічній деформації п'єзоелектрика під впливом електричного поля [1–8].

Описані фізичні явища було покладено в основу створення п'єзоелектричних систем, що знайшли широке в провадження в мікросистемній техніці, робототехніці та ноносистемах.

Однією з найвідоміших видів п'єзотехніки є двигуни, які знайшли широке застосування в системах автоматики та машинобудівних конструкціях. Наприклад, п'єзоелектричний

регулювальний елемент, що містить корпус, в якому розміщені ведений елемент з фрикційним шаром, рушійний елемент (важіль), з'єднаний з п'єзоелементом (рис. 2).

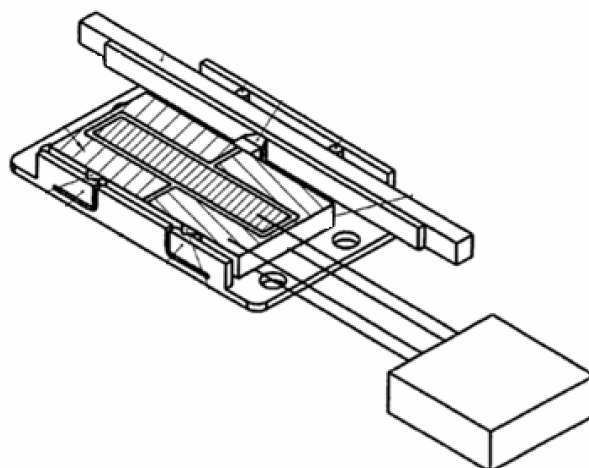


Рисунок 2 – П'єзоелектричний двигун

Можна роздивитися інший варіант реалізації конструкції п'єзоелектричного двигуна (рис. 3), що складається з нерухомого корпусу, сполучного валу, пакета п'єзоелементів з важелем, жорстко закріплених у нерухомому корпусі. При подачі на пакет п'єзоелементів напруги пакет п'єзоелементів подовжується або коротшає і створює механічне зусилля на важіль, пов'язаний з елементом конструкції. Застосовується за для натягу мережі вант рефлектора. Такий тип п'єзоелектричних двигунів містить два корпуси: зовнішній нерухомий

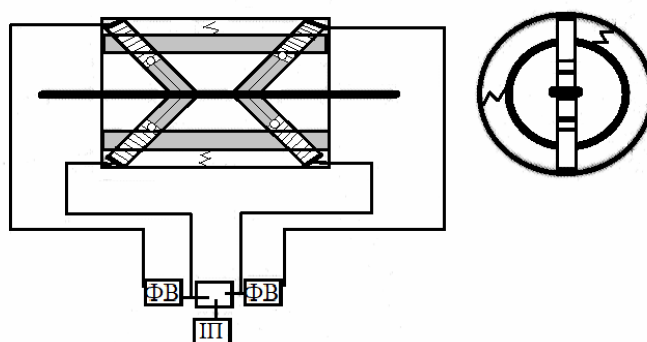


Рисунок 3 – Варіант реалізації конструкції п'єзоелектричного двигуна

Корпус і внутрішній рухомий корпус, з'єднані між собою пружними елементами, на внутрішньому рухомому корпусі жорстко закріплені пристрої регулювання (ПР), з яких два ПР служать для прямого ходу і два ПР служать зворотного ходу веденого елемента. Сам же ведений елемент розміщений в підшипникових опорах нерухомого корпусу. Рухомий корпус на пружних елементах має резонансну частоту коливальної системи, більш ніж $\sqrt{2}$ разів перевищує резонансну частоту коливальної системи рухомого корпусу з веденим елементом, що дозволяє виконати частотну розв'язку і виключити заклинювання.

Для синфазної підстроювання роботи п'єзоелементів з важелем високочастотне джерело живлення через комутатор підключається до ПР безпосередньо, а до ПР через фазообертач, при перемиканні комутатора для зворотного ходу джерело живлення аналогічно підключається до ПР безпосередньо, а до ПР через фаз ходу.

Лінійний п'єзоелектричний двигун працює наступним чином. При підключенні джерела живлення через комутатор одного ПР безпосередньо і до іншого ПР через фазообертач (для синфазної підстроювання віброзміщення), ПР подовжуються і створюють сумарний момент

на веденому елементі, рухомий корпус з жорстко закріпленими в ньому ПР на пружних елементах переміщається за рахунок фрикційного тертя. При знятті живлення з п'єзоелементів з важелями механічний контакт ПР з веденим елементом пропадає, і рухомий корпус з жорстко закріпленими в ньому ПР за рахунок пружних елементів повертається у вихідне положення відносно нерухомого корпусу лінійного п'єзоелектричного двигуна. Повторенням даного високочастотного процесу реалізується прямий хід веденого елемента.

Зворотний перебіг п'єзоелектричного двигуна. При підключенні джерела живлення через перемикальний комутатор до одного ПР безпосередньо і до іншого ПР через фазообертач (для синфазної підстроювання вібростемщення), ПР подовжуються і створюють сумарний момент на веденому елементі, рухомий корпус з жорстко закріпленими переміщається на пружних елементах за рахунок фрикційного тертя. При знятті живлення з ПР механічний контакт ПР з веденим елементом пропадає, і рухомий корпус з жорстко закріпленими ПР за рахунок реакції пружних елементів повертається у вихідне положення щодо нерухомого корпусу лінійного п'єзоелектричного двигуна. Повторенням даного високочастотного процесу реалізується зворотний хід веденого елемента п'єзоелектричного двигуна.

Відомо також пристрій – лінійний п'єзоелектричний двигун який має групу виконавчих механізмів – пьезоактюаторов-стеків, контактують з ротором двигуна. Кожен пьезоактюатор-стек і двох частин, перша частина – пьезоактюатор поздовжнього типу, а друга частина – пьезоактюатор зсувного типу. Причому контакт (затискач і зсув) з ротором ведеться через другу частину стека і, принаймні, два ідентичні стеки знаходяться поряд один з одним для виконання альтернативного затискання та вдосконалення руху в покровоковому режимі.

Найбільш близьким до пристрою є пристрій регулювання з п'єзоприводом, з двома п'єзоелементами з важелями (ПР), які взаємодіють з веденим елементом за допомогою пружинного елемента. Передача руху відбувається через зміну довжини п'єзоелементів при подачі на них напруги. Через безперервне усунення пружинного елемента гарантується безпечне зачеплення з веденим елементом. Також пристрій містить джерело живлення п'єзоелементів, що генерує однакові лінійні криві напруги, які розташовані в шаховому порядку за часом, в результаті чого п'єзоелементи з важелями (ПР) контактують з веденим елементом, коли змінюється довжина п'єзоелементів, і викликані напруги відповідають необхідному напрямку.

Основними недоліками є низький коефіцієнт корисної дії пристрою, мала міцність у вузлах кріплення п'єзоелемента, та можливість заклинювання рухомих частин двигуна. Крім того, збільшення потужності пристрою можливе лише за рахунок збільшення об'єму та потужності п'єзоелемента.

Ці проблеми можна вирішити тим, що двигун який містить нерухомий корпус, ведений елемент підшипникових опорах нерухомого корпусу, п'єзоелементи з важелями (ПР) прямого і зворотного ходу веденого елемента, джерело живлення п'єзоелементів, на відміну від прототипу, додатково обладнаний активним корпусом. Активний корпус коаксіально розміщений усередині нерухомого корпусу і з'єднаний з ним пружними елементами, на рухомому корпусі жорстко закріплені два ПР прямого ходу веденого елемента і два ПР зворотного ходу веденого елемента, ПР одного і того ж напрямку переміщення розташовані навколо веденого елемента, при цьому джерело живлення п'єзоелементів має один вихід для живлення п'єзоелементів прямого ходу і один вихід для живлення п'єзоелементів зворотного ходу, причому один із ПР для кожного з напрямків переміщення веденого елемента підключений до джерела живлення через фазообертач,

Кожен п'єзоелемент з важелем виконаний у вигляді єдиного елемента, який жорстко кріпиться на рухомому корпусі з можливістю фрикційної взаємодії з провідним елементом п'єзоелектричного лінійного двигуна.

ВИСНОВКИ. Проведено дослідження, що доводить актуальність та доцільність використання п'єзоелектричних двигунів у приладах автоматики та машинобудівних

конструкціях. Початі роботи з досліджень параметрів конструктивного виконання підвищенні на коефіцієнта корисної дії та збільшенні питомої потужності п'єзодвигуна, зменшення його габаритних розмірів, забезпечення зворотного ходу, збільшення ресурсу та надійності двигуна за рахунок використання фрикційного режиму передачі моменту шляхом використання елемент врівноваженості конструкції.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пьезокерамические преобразователи: Методы измерения и расчет параметров. Справочник. /Под ред. А.В. Пугачева. Л.: Судостроение, 1984. 256 с.
2. Невлюдов И.Ш., Палагин В.А., Чалая Е.А. «Технологиии микросистемной техники», НТЖ «Технология приборостояния». X., 2014. № 3.
3. Невлюдов И. Ш., Палагин В. А., Чалая Е. А. Технологии микросистемной техники (часть II) // Технология приборостояния. 2015. №. 2. С. 5–10
4. Лавриненко В.В., Карташев И.А., Вишневский В. С. Пьезоэлектрические двигатели. – М.: Энергия, 1980. – 110 с.
5. David H. StJohn, Ma Qian, Mark A. Easton, Peng Cao, and Hildebrand Grain refinement of magnesium alloys // Metallurgical and materials transactions. – Volume 36A, JULY 2005–1669
6. Головин Ю. И. Основы нанотехнологий / Головин Ю. И. – М. : Машиностроение, 2012. – 656 с.
7. Селиванова К. Г. Математическое моделирование электромиографического сигнала / К. Г. Селиванова, О. Г. Аврунин, А. А. Гелетка // Вісник НТУ «ХП». – 2014. – № 36 (1079). – С. 31–39.
8. Comments by University of California [Електронний ресурс] www.dailytechinfo.org/нанотехнологии/
9. Поплавко Ю. М. П'єзоелектрики / Якименко Ю. І., Поплавко Ю. М. – Київ НТУУ «КПІ» 2013. – С. 199–226.
10. Mamontov O. V., Malyk B. O., Tokarieva O. V. Radiation risk management when handling radioactive substances and materials //Вопросы атомной науки и техники. – 2021. – Т. 132. – №. 2. – С. 149–154.
11. Nevliudov, I., Yevsieiev, V., Demska, N., & Starodubcev, N. (2021). SOLVING THE ISSUE OF MODERNIZATION OF PRODUCTION EQUIPMENT USING CYBER-PHYSICAL MANUFACTURING CONTROL SYSTEMS. INNOVATIVE TECHNOLOGIES AND SCIENTIFIC SOLUTIONS FOR INDUSTRIES, (3 (17), 106–116. <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2021.17.106>.
12. Нефьодов Л. І. Модель нечіткого управління процесом обробки деталей на машинобудівному підприємстві / Л.І. Нефьодов, Н.Ю. Філь, О.В. Токарева // Технология приборостояния. – 2019. – №2. – С. 3–7.
13. N. Stognii and N. Sakhnenko, "Theoretical study of symmetric and antysymmetric plasmons in chains of coupled plasma cylinders," 2012 6th European Conference on Antennas and Propagation (EUCAP), 2012, pp. 999–1002, doi: 10.1109/EuCAP.2012.6206187.
14. Vladyslav Yevsieiev, Nataliia Demska. (2021). Analysis of Industrial Inter-net of Things Vulnerability to Cyberattacks. Débats scientifiques et ori-entations prospectives du développement scientifique:collection de papiers scientifiques «ΛΟΓΟΣ» avec des matériaux de la II con-férence scientifique et pratique internationale (Vol.1), Paris,1er octobre 2021. Paris-Vinnysia: La Fedeltà & Plateforme scientifique eu-ropéenne, 2021. P:89–91. DOI:10.36074/logos-01.10.2021.v1.
15. O. Filipenko, O. Chala, V. Bortnikova, O. Sychova and I. Botsman, "Impact of Technological Operations Parameters on Moems Components Formation," 2019 IEEE 8th International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers (CAOL), 2019, pp. 371–374, doi: 10.1109/CAOL46282.2019.9019570.
14. Чала О. О. Дефектоутворення, як основа Defect Engineering в МЕМС та МОЕМС / О. О. Чала // НТЖ «Технология приборостояния». X., 2020. №1. С. 78–81.

Науковий керівник: Чала Олена Олександрівна, к.т.н., доцент кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки

РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНО-ОРГАНІЗАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ СУПРОВОДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ОПОВІЩЕННЯ НА ВИРОБНИЦТВІ

Шостенко С. С., Буць Д. Є.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: svitlana.shostenko@nure.ua, dmytro.buts@nure.ua

Анотація: У даній роботі доведено актуальність та доцільність використання мобільного додатку у якості системи сповіщення на виробництві. Початі роботи з дослідження та вибору фреймворку для розробки, мову програмування та платформу для розробки. Також було визначено формат сповіщення.

Ключові слова: Підприємство, Flutter, Firebase, Dart

DEVELOPMENT OF SOFTWARE AND ORGANIZATIONAL SUPPORT FOR MAINTENANCE OF AUTOMATED SYSTEMS OF ALERT FOR PRODUCTION

S. Shostenko, D. Buts

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, 14 Nauki Ave.

E-mail: svitlana.shostenko@nure.ua, dmytro.buts@nure.ua

Abstract: This paper proves the relevance and feasibility of using a mobile application as a system of notification in production. Work has begun on researching and selecting a framework for development, a programming language and a platform for development. The notification format was also defined.

Keywords: Enterprise, Flutter, Firebase, Dart

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. На сьогоднішній день неможливо уявити сучасний індустріальний світ без промислових виробництв. Вони засновані на застосуванні машин, що характеризується великомасштабним виробництвом.

Як правило, складається з одного або декількох розташованих неподалік один від одного будівель, в яких розташовуються цехи, сформовані за функцією або видом продукції, а також складські та офісні приміщення.

Але не дивлячись на зростання рівню автоматизації підприємств людина все ще залишається головною рушійною силою цього процесу.

Саме тому кожне велике підприємство повинно мати систему сповіщення за для надання терміновою інформації інженеру або цілому штабу. Як правило використовують голосову систему сповіщення. Основне призначення такої системи – попередження про пожежу, керування евакуацією.

Але в штатному режимі система голосового сповіщення складу може використовуватися передачі фонові музики чи голосових повідомлень, вказівок. Але вона здатна виконувати лише односкладні задачі, а на підприємстві існує ще безліч інших потреб які необхідно покрити системою сповіщення.

Ураховуючи, вище сказане, прийняте рішення створити у якості системи оповіщення мобільний додаток, який матиме функції оповіщення про певний вид небезпеки й надання детальних інструкцій про способи та шляхи евакуації працівників, в залежності від ступеня ризику та ситуації [1–6].

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Найчастіше у якості автоматизованої системи центрального оповіщення використовують голосову систему.

Як правило, така система (рис. 1) складається з мікшера-підсилювача, мікрофонів та гучномовців, що підбираються під різні типи приміщень.

Стелі адміністративних приміщень (1) часто дозволяють використовувати гучномовці, що вбудовуються. Для таких приміщень ідеально підійдуть компактні гучномовці. Розмір і невелика вага дозволяють вбудовувати їх у найтендітніші плити підвісних стель.

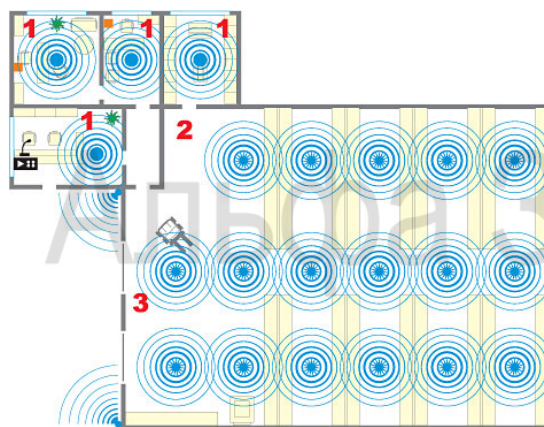


Рисунок 1 – Схема голосового сповіщення:
1 – адміністративна частина, 2 – складське приміщення,
3 – зона навантаження\вивантаження

В одному з адміністративних приміщень (1) слід розташувати мікшер-підсилювач з підключеними мікрофонами. Саме звідси вестиметься передача фонові музики та голосових повідомлень. Фонову музику можна транслювати зонами одночасно або вибірково, але при мовному повідомленні диспетчера трансляція музики переривається. Це дуже зручно, адже часто одночасно доводиться коригувати роботу кількох зон.

Кожне адміністративне приміщення (1) має бути оснащене регулятором гучності, що дозволяє індивідуально регулювати звук або вибірково вимикати його.

Система пожежного оповіщення може бути інтегрована із системою голосового оповіщення. При настанні надзвичайної ситуації вона може працювати в автоматичному та напівавтоматичному режимі. Автоматичний режим передбачає пріоритетну трансляцію сигналу тривоги зонами у вигляді записаного повідомлення, напівавтоматичний режим – передачу голосового повідомлення диспетчера з мікрофонної консолі.

Проектування озвучування самого складського приміщення (2) потребує врахування багатьох чинників. Це і площа, і об'єм приміщення, висота та матеріал стель. Саме ці параметри визначають, яка має бути потужність, кількість та тип гучномовців. Як правило, особливості стель не дозволяють використовувати в складському приміщенні (2) вбудовані гучномовці. Тут краще використовувати підвісні динаміки. Високі стелі сучасних складських комплексів дозволяють використовувати менше підвісних гучномовців, що мають високу потужність.

Також важливо враховувати при проектуванні тип складського обладнання та його розташування. Система голосового сповіщення складського приміщення (2) з металевими стелажми відрізнятиметься від складу з палетними та мізонінними стелажми. Це має враховуватися під час створення проекту.

Для зони навантаження-розвантаження (3) застосовують гучномовці рупорного типу. Вони розроблені спеціально для великих просторів, сирих та холодних приміщень. Їхні конструкторські особливості забезпечують можливість трансляції гучного, розбірливого, без перешкод, звуку. Рупорні гучномовці кріпляться на стовпи освітлення, стіни будівлі та мають високий рівень захисту від впливу навколишнього середовища.

Ця система має велику перевагу у вигляді швидкого сповіщення усіх працівників незалежно від їх місця знаходження. Проте проектування та інтегрування таких систем, займає багато часу. Та якщо підприємство залишається без струмового живлення, то система більш не зможе функціонувати. Також важливо враховувати що для працівників з вадами слуху ця система є неможливою.

За для вирішення цих проблем пропонується розробка мобільного додатку, який би виконував роль системи сповіщення. Завдяки голосовим та світловим сповіщенням усі працівники будуть сповіщені о екстреній ситуації та завдяки схемі евакуації, яка буде виводитись на екран людина зрозуміє куди їй необхідно рухатись.

При проектуванні мобільного додатку перш за все було потрібно було обрати фреймворк. Спочатку було виділено Flutter та React Native. Обидва фреймворки використовуються для розробки мобільних програм. В цілому, у React Native більша власна бібліотека UI-елементів, ніж бібліотека віджетів Flutter.

Однак перевага останнього в даному випадку в тому, що він не настільки залежить від сторонніх бібліотек елементів, як React Native. Деякі елементи у них виявляють несумісність із конкретними платформами. Можна сказати, що Flutter в даному випадку більш універсальний і широко застосовується. Крім того, Flutter перевершує React Native і за продуктивністю, використовуючи цілком відмінний підхід до рендерингу. Так, Flutter створює власні віджети та використовує графічний процесор для рендерингу, а не запозичує нативні компоненти з інших платформ.

Написаний на мові Dart код Flutter компілює безпосередньо в оброблюваний процесором код ARM. Завдяки цьому програми, що створюються на Flutter, працюють помітно швидше. Тоді як React Native міст JavaScript, який використовується для інтерпретації UI-елементів і викликає Java API або Objective-C для відображення відповідно компонентів iOS і Android, може уповільнювати роботу додатків [2].

Саме через показники швидкості та продуктивності був обраний фреймворк Flutter.

Мобільний додаток буде розроблена на мові Dart — це мова програмування, яку розробляє компанія Google, позиціонуючи як мову структурованого програмування для Веб. Розробники вважали, що в довгостроковій перспективі Dart може стати прогресивною заміною JavaScript, котрий потерпає від наявних в даний час проблем з розширюваністю, продуктивністю і підтримкою розробки складних застосунків. Мова має схожий на Java синтаксис, не вимагає явного визначення типів і її можна використовувати для створення серверних та клієнтських застосунків.

Мова має схожий на Java синтаксис, не вимагає явного визначення типів і може використовуватися для створення серверних і клієнтських застосунків. Для запуску всередині браузера код мовою Dart може бути перетворений в JavaScript-подання або запущений безпосередньо під управлінням спеціального JavaScript-інтерпретатора Dartboard. Підтримується вбудовування коду мовою Dart в HTML-сторінки, використовуючи MIME тип "application/dart". На стороні сервера застосунок на мові Dart може бути виконаний всередині спеціальної віртуальної машини, яка забезпечує продуктивність виконання близьку до компільованих в машинний код мов. Віртуальну машину Dart планують інтегрувати в майбутні версії браузера Chrome, що дозволить виконувати застосунки мовою Dart без компіляції в JavaScript. Мова підходить як для розробки одним програмістом невеликих скриптів без жорсткої структури, так і для створення високо масштабованих великих модульних проектів, підтримуваних великим колективом з потребою більш явної типізації для того, щоб уникнути плутанини і помилок. Код Dart завжди виконується тільки в рамках одної потоку, для організації паралельного виконання пропонується використовувати класи з атрибутом isolate. У кожному скрипті використовується власний простір імен, для використання зовнішніх об'єктів, функцій або змінних слід їх явно імпортувати за допомогою конструкції "import". Всі змінні, початково, діють тільки в межах поточного скрипту і не експортуються глобально [2–3].

Dart має такі особливості як забезпечення швидкого запуску і високої продуктивності для всіх сучасних веб-браузерів і різних типів оточень, від портативних пристроїв до потужних серверів. Можливість визначення класів і інтерфейсів, що дозволяють використовувати інкапсуляцію і повторно використовувати існуючі методи і дані. Необов'язкове вказування типів, використовувати чи ні статичні типи вирішує розробник. Вказування типів дозволяє спростити зневадження і виявлення помилок, робить код яснішим і читаним, спрощує його доопрацювання та аналіз сторонніми розробниками. Серед підтримуваних типів: різні види хешів, масивів і списків, черги, числові і рядкові типи, типи для визначення дати і часу, регулярні вирази (RegExr). Можливо створення своїх типів. Для організації паралельного виконання пропонується використовувати класи з атрибутом `isolate`, код яких виконується повністю в ізольованому просторі в окремій області пам'яті, взаємодіючи з основним процесом через відправку повідомлень. Підтримка використання бібліотек, що спрощують підтримку і зневадження великих веб-проектів. Сторонні реалізації функцій можуть підключатися у вигляді поділюваних бібліотек. Застосунки можна розбити на частини і доручити розробку кожної з частин окремій команді програмістів. Набір готових інструментів для підтримки розробки мовою Dart, включаючи реалізацію засобів динамічної розробки та зневадження з виправленням коду на льоту ("edit-and-continue"). Можливість створювати однорідні системи, що охоплюють як клієнтську, так і серверну частину. Використання однієї мови та інструментарію для клієнтських і серверних компонентів спрощує процес кодування і позбавляє від постійної зміни контексту.

При розробці додатку на фреймворку Flutter було обрано платформу розробки Firebase.

На сьогоднішній це найбільш перспективне поєднання, оскільки використання Firebase дозволяє уникнути етапу створення серверного коду. Firebase Realtime Database надає бек-енд як службу в режимі реального часу для створення мобільних програм, включаючи автентифікацію, зберігання, хостинг та базу даних. Це дозволяє розробникам API синхронізувати дані програми між різними клієнтами та зберігати їх у хмарному сервісі Firebase, не створюючи власний сервер [3–6]. Все це значно прискорює процедуру створення мобільного кроссплатформенного додатка без втрати якості.

ВИСНОВКИ. Проведено дослідження, що описує проблематику використання системи мовного сповіщення у якості системи оповіщення на виробництві. Під час дослідження було вирішено ці питання через розробку мобільного додатку на фреймворку Flutter мові Dart з використанням Firebase у якості платформи для розробки, завдяки використанню цих технологій додаток буде доступний для телефонів на операційних системах Android та iOS. Саме така система вирішить питання недоступності голосового сповіщення за для людей з вадами слуху через світлове повідомлення о екстреній ситуації. Також після сповіщення на екран буде виводитись схема евакуації, що значно облегшить процес виходу на зовні працівників.

ЛІТЕРАТУРА

1. Введення в Flutter SDK // Електронна версія на сайті <https://metanit.com/dart/flutter>.
2. Особливості та переваги Dart // Електронна версія на сайті <https://appfox.ru/blog/kod/preimushestvah-yazyka-programmirovaniya-dart>.
3. Nevliudov, I., Yevsieiev, V., Demska, N., & Starodubcev, N. (2021). Solving the issue of modernization of production equipment using cyber-physical manufacturing control systems. *Innovative technologies and scientific solutions for industries*, (3 (17)), 106–116. <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2021.17.106>.
4. Dart language overview // Електронна версія на сайті <https://dart.dev/guides/language>.
5. Introduction to widgets // Електронна версія на сайті <https://flutter.dev/docs/development/ui/widgets-intro>.
6. Сітало, І. А. / МІНІ-МІКРО-ТА НАНОРОБОТИ Сітало І. А., Павленко В. І., Чала О. О. // Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку: матеріали Всеукраїнської науково-практичної Internet-конференції 11-17 березня 2019 року. Черкаси. С. 54–56.

Науковий керівник: Чала Олена Олександрівна, к.т.н., доцент кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки

**РОЗРОБКА ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ
ОСЕЙ МЕХАНІЗМІВ РОБОТІВ****Яртемик Є. А.**

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: yevhenii.yartemyk@nure.ua

Анотація: Виконано оглядовий аналіз існуючих традиційних загальних підходів щодо попереднього проектування деталей машин та механізмів роботів, а також розглянуті питання щодо доцільності впровадження їхнього автоматизованого проектування. Виконано аналіз умов експлуатації осей механізмів роботів та запропонована узагальнена схематизація осі у вигляді двоопорної балки, що згинається у двох взаємно ортогональних площинах, та дозволяє забезпечити зрозуміле введення вихідних даних та автоматизоване визначення реакцій опор осі, що є необхідним для її подальшого проектування. Одержані універсальні вирази для визначення реакцій опор осі, що необхідні для автоматизації її попереднього проектування.

Ключові слова: робот, деталь, вісь, схематизація, автоматизоване проектування

**DEVELOPMENT OF THEORETICAL FUNDAMENTALS FOR AUTOMATED DESIGN
OF AXLES OF ROBOTS' MECHANISMS****E. Yartemyk**

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, 14 Nauki Ave.

E-mail: yevhenii.yartemyk@nure.ua

Abstract: A review analysis of the existing approaches for the preliminary design of machines' parts and robots' mechanisms, as well as issues related to the feasibility of their automated design. The analysis of operating conditions of axles of robot mechanisms is performed and the generalized schematization of an axle in the form of a two-support beam which is bent in two mutually orthogonal planes is offered, and allows to provide clear input of initial data and automated definition of reactions of axle supports which is necessary for its further design. Universal expressions are obtained to determine the reactions of the axle required for the automation of preliminary design.

Key words: robot, part, axis, schematization, computer-aided design

ВСТУП. Вісь представляє собою деталь, яка забезпечує обертання інших деталей без передачі крутильного моменту. На осях зазвичай закріплюють шківів та зубчасті колеса, що забезпечують передачу рухів в механізмах роботів. Проектувальні розрахунки осей є відносно нескладними та добре відомими разом із підходами щодо їхнього проектування. Оскільки вісь є досить розповсюдженою деталлю, яка міститься у великій кількості типорозмірів в механізмах роботів, то автоматизоване проектування осей представляє значний інтерес, та потребує створення спеціального програмного забезпечення.

АКТУАЛЬНІСТЬ, МЕТА ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ. Розв'язок сучасної індустрії пов'язаний, насамперед, із впровадженням робото-технічних систем для максимального виключення ручної праці збільшення ефективності підприємств [1–4]. Поширення використання робото-технічних систем можлива лише за рахунок суттєвого удосконалення їхніх конструкцій, яке сьогодні можна здійснити тільки шляхом автоматизації проектування у тому числі механізмів передач робото-технічних систем. Таким чином, проблема автоматизації проектування механізмів передач є актуальною сьогодні, оскільки її

розв'язування сприятиме подальшому удосконаленню конструкцій та розширенню впровадження робото-технічних систем.

Сучасні розповсюджені спеціалізовані комп'ютерні системи автоматизованого проектування створюються як універсальні та можуть бути застосованими щодо проектування різноманітних технічних систем. Зрозуміло, що використання таких універсальних комп'ютерних систем автоматизованого проектування щодо розв'язування окремих класів задач, які необхідні для деякого окремого підприємства не буде ефективним без їхнього налаштування та пристосування щодо розв'язування необхідних окремих класів задач. Таке налаштування та пристосування універсальних систем автоматизованого проектування щодо розв'язування окремих класів задач здійснюється за рахунок створення спеціалізованого програмного забезпечення, насамперед, у вигляді сценаріїв відпрацювання. Таким чином, загальним трендом щодо розв'язування проблем автоматизованого проектування роботів є розробка вузькоспеціалізованого програмного забезпечення, що має доповнювати існуючі комп'ютерні системи загального призначення. основною складністю створення такого програмного забезпечення є те що воно може вимагати використання окремих компонентів штучного інтелекту, оскільки процес проектування – це процес інтелектуальної діяльності людини. оскільки універсальні системи принципово не можуть передбачити заздалегідь усі можливі варіанти свого подальшого використання, до створення вузько спеціального програмного забезпечення досить важливим щодо розв'язування глобальної проблеми забезпечення автоматизованого проектування механізмів передач робото-технічних систем. Впровадження систем автоматизованого проектування дозволить значно удосконалити конструкції та істотно розширити галузь застосування роботів, та поширити класи операцій, що можуть виконуватися роботами. Зрозуміло, що впровадження систем автоматизованого проектування вимагає розробки вузькоспеціалізованого програмного забезпечення для розв'язування задач, відповідних кожному окремому класу проектованих конструкцій, і саме це робить актуальною тему даної роботи, яка присвячена створенню програмного модуля автоматизованого проектування механізмів передач робото-технічних систем.

Дана робота виконується з метою розробки теоретичних основ для автоматизації первинного проектування осей, які є досить важливими деталями механізмів передач робото-технічних систем; передбачається використання наявного досвіду проектування осей в існуючих проектах.

ЗАГАЛЬНІ ПІДХОДИ ЩОДО ПРОЕКТУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН. Розміри деталей машин та осей тощо визначаються, насамперед, із умови міцності, яка у загальному випадку має наступний вигляд [5]:

$$\sigma_e \leq [\sigma], \quad (1)$$

де σ_e – еквівалентне напруження, відповідне напруженому стану деталі; $[\sigma]$ – допустиме напруження, яке обирають помітно меншим межі міцності та межі плинності матеріалу деталі щоб забезпечити бажаний запас міцності.

Зрозуміло, що еквівалентне напруження (1) залежатиме від зовнішніх навантажень та розмірів деталі:

$$\sigma_e = \sigma_e(p_1, p_2, \dots; d_1, d_2, \dots), \quad (2)$$

де p_1, p_2, \dots – характеристики зовнішніх навантажень; d_1, d_2, \dots – характерні розміри деталі.

Співвідношення(2) дозволяє представити умову міцності (1) у вигляді

$$\sigma_e(p_1, p_2, \dots; d_1, d_2, \dots) \leq [\sigma]. \quad (3)$$

Умова (3) дозволяє розв'язувати багато інженерних питань, наприклад визначати розміри деталі, при яких задовольняється умова міцності для заданих навантажень та характеристик матеріалу. Зрозуміло, що у загальному випадку маємо множину розмірів, що задовольняють умові міцності, оскільки маємо тільки одну умову (3) для визначення розмірів деталі. Загальний підхід щодо визначення розмірів деталей машин при проектуванні передбачає використання спрощених моделей деформування деталей, що враховують співвідношення їхніх геометричних розмірів. Таким чином, замість множини розмірів d_1, d_2, \dots , що визначають форму деталі, розглядають один характерний розмір d , який саме і визначає спроможність деталі опиратися руйнуванню при дії на неї зовнішніх навантажень. За умов такого спрощення маємо, що загального виду співвідношення (3) набуде більш простішого вигляду:

$$\sigma_e(p_1, p_2, \dots; d) \leq [\sigma]. \quad (4)$$

Із умови (4) маємо можливість визначити розмір деталі:

$$d \geq d(p_1, p_2, \dots; [\sigma]). \quad (5)$$

ЗАГАЛЬНІ ПІДХОДИ ЩОДО ПРОЕКТУВАННЯ ОСЕЙ МЕХАНІЗМІВ РОБОТІВ. Віссю називають деталь, яка призначена тільки для закріплення деталей, що обертаються, але не для передачі обертального моменту [5–7]. На осях механізмів роботів (рис. 1) зазвичай закріплюють шківні пасових передач та зубчасті колеса ланцюгових, зубчастих та черв'ячних передач. Хоча осі є досить розповсюдженими деталями, що використовуються в різних технічних системах, їхня повна стандартизація, як, наприклад, для кріпильних деталей, є неможливою, оскільки конструкція осей певним чином зв'язана із характеристиками та призначенням тих технічних систем, в яких ці осі використовуються; стандартними в конструкції осей є тільки певні елементи радіуси округлень переходів між сходинками різного діаметру, пази під шпонки та інші, а також розміри, що обмежені стандартним рядом. Таким чином, хоча осі є досить розповсюдженими деталями, їхнє проектування кожного разу є певним чином оригінальною задачею. З іншого боку, принципи конструювання осей, що використовуються в різних технічних системах, у тому числі і в механізмах маніпуляторів роботів, є однаковими, та розглядаються, наприклад в роботах [5, 6, 8]. За цих умов є доцільним створення систем автоматизованого проектування осей, як найбільш розповсюджених деталей, що мають однакові принципи проектування; такі системи будуть досить універсальними та завдяки цьому корисними для використання при проектуванні не тільки робото-технічних систем, але і інших технічних систем.

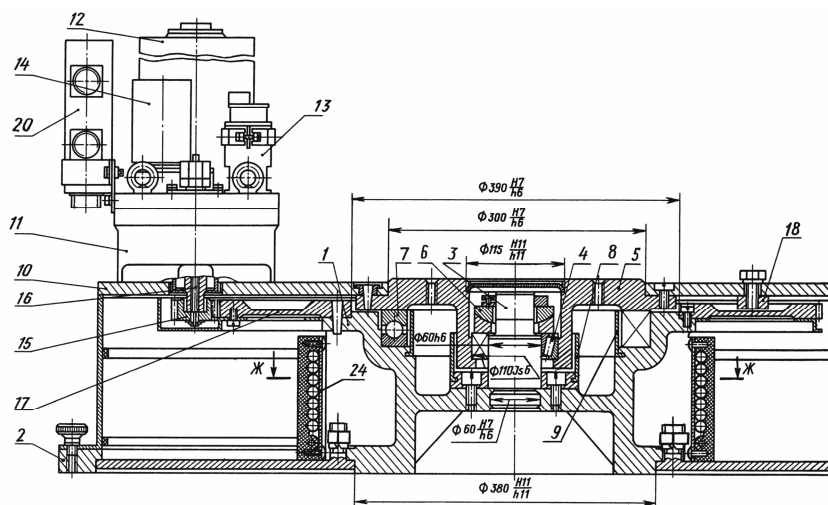


Рисунок 1 – Механізм повороту універсального промислового роботу "УНІВЕРСАЛІ-5" з електроприводом, що наведений в роботі [7]

Проектувальний розрахунок осей виконують для орієнтовного визначення їхнього діаметра із умови статичної міцності [6], тобто у випадку проектування осей характерним розміром d у виразах (4), (5) є діаметр. При виконанні проектувального розрахунку осей враховуються усі активні сили та реакції опор, що одночасно можуть діяти в ортогональних напрямках x та y , і визначають згинаючі моменти M_y та M_x у площинах, відповідних ортогональним напрямкам x та y . Результуючий згинаючий момент M_Σ визначають наступним чином [6]:

$$M_\Sigma = \sqrt{M_x^2 + M_y^2}. \quad (6)$$

Еквівалентне напруження осі при її згинанні визначають наступним чином:

$$\sigma_e = \frac{M_\Sigma}{W_\Sigma}, \quad (7)$$

де W_Σ – момент опору згинанню перерізу осі в площині дії результуючого згинаючого моменту (6).

Для осей круглого перерізу маємо [5]:

$$W_\Sigma = \frac{\pi d^3}{32}, \quad (8)$$

де d – діаметр осі.

З урахуванням виразів (7), (8) умова міцності (4) набуде вигляду:

$$\frac{32M_\Sigma}{\pi d^3} \leq [\sigma]. \quad (9)$$

Із нерівності (9) отримаємо окремий випадок загальної умови (5) у наступному вигляді:

$$d \geq 2,17 \sqrt[3]{\frac{M_\Sigma}{[\sigma]}}. \quad (10)$$

Умова (10) є основою проектування осей механізмів роботів [6].

СХЕМАТИЗАЦІЯ ОСІ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ. Як свідчить нерівність (10), проектування осі зводиться фактично до визначення результуючого згинаючого моменту. Таке визначення має здійснюватися з урахуванням активних сил та реакцій опор осі, та, зрозуміло має бути складовою частиною систем автоматизованого проектування. Слід зазначити, що задачі щодо визначення згинаючих моментів є досить відомими та відносно нескладними, але автоматизоване розв'язування таких задач потребує певного їхнього узагальнення, що саме й буде розглянуто далі.

При побудові узагальненої схематизації осі для її автоматизованого проектування врахуємо, що осі зазвичай використовують для закріплення на них шківів та зубчастих коліс. Оскільки осі за їхнім визначенням не забезпечують передачі крутного моменту, то, зрозуміло, що на осі не може бути закріплено більше одного шківу або зубчастого колеса. Також цілком зрозуміло, що забезпечення обертання або нерухомого положення осі має здійснюватися не менш ніж двома опорами (підшипниками). Таким чином, у загальному випадку маємо схематизацію осі у вигляді диску діаметром D , що узагальнено представляє шків, або зубчасте колесо, що закріплене на осі, а також дві опори, що утримують нерухомою вісь обертання (рис. 2).

Експлуатаційне навантаження на вісь представляємо у вигляді трьох сил F_t , F_r та F_z , що узагальнено представляють взаємодію шківу із пасом або контактні сили у зубчастому колесі (рис. 2), що закріплені на осі; визначення таких сил є відомим [5, 8] для шківів пасових передач та для зубчастих коліс різного типу та різної конструкції. Осі дослідницької системи координат xuz обираємо таким чином, щоб напрями сил F_r та F_t були протилежними осям x та y , як це показано на рис. 2, а вісь z обираємо таким чином, щоб система координат

xuz була правою; осьова сила F_z при цьому може діяти в будь-якому напрямку уздовж осі z , що враховуватимемо відповідним знаком величини F_z (на рис. 2 показаний випадок $F_z > 0$). При виборі дослідницької системи координат xuz також важливо, щоб точка прикладення сил F_τ , F_r та F_z мала нульові координати y та z і ненульову координату $x = D/2$ (рис. 2). Завдяки введеній дослідницькій системі координат (рис. 2) маємо можливість визначити розташування опор (підшипників) осі за допомогою координат z_1 та z_2 , а реакції опор осі – за допомогою сил R_{x1} , R_{y1} та R_{x2} , R_{y2} . Зрозуміло, що розташування опор осі, що показані на рис. 2, відповідають координатам $z_1 > 0$ та $z_2 > 0$, хоча координати опор осі можуть бути від'ємними, у випадку якщо опори розташовані з іншого боку диску, що закріплений на осі. Реакції опор осі, що показані на рис. 2, відповідають насправді додатним напрямкам відліку реакцій, а дійсний напрям реакцій опор осі буде визначатися знаком величин R_{x1} , R_{y1} та R_{x2} , R_{y2} . Слід підкреслити, що вибір дослідницької системи координат є довільним, а запропонований варіант (рис. 2) обумовлений виключно зручністю визначення реакцій опор осі та зручністю завдання вихідних даних щодо автоматизованого проектування осей.

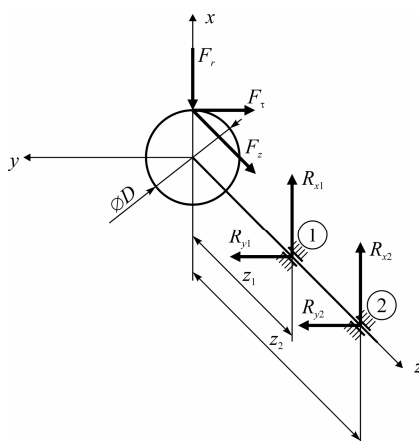


Рисунок 2 – Схематизація осі для автоматизованого визначення реакцій її опор, що є необхідним для автоматизованого проектування

Для визначення реакцій опор осі (рис. 2) маємо дві системи двох лінійних алгебраїчних рівнянь, що одержані із умов рівноваги осі та мають наступний вигляд:

$$\begin{cases} R_{x1} + R_{x2} = F_r, \\ z_1 R_{x1} + z_2 R_{x2} = DF_z/2, \end{cases} \quad (11)$$

$$\begin{cases} R_{y1} + R_{y2} = F_\tau, \\ z_1 R_{y1} + z_2 R_{y2} = 0. \end{cases} \quad (12)$$

Розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь (11) та (12) дозволяє визначити реакції опор осі:

$$R_{x1} = \frac{z_2 F_r - DF_z/2}{z_2 - z_1}, \quad R_{x2} = \frac{DF_z/2 - z_1 F_r}{z_2 - z_1}, \quad (13)$$

$$R_{y1} = \frac{z_2}{z_2 - z_1} F_\tau, \quad R_{y2} = -\frac{z_1}{z_2 - z_1} F_\tau. \quad (14)$$

Таким чином, запропонована узагальнена схематизація осі механізмів роботів (рис. 2) дозволяє забезпечити зрозуміле введення вихідних даних та визначення реакцій опор осі для її автоматизованого проектування.

ВИСНОВКИ. В результаті виконання досліджень одержані досить важливі результати щодо розробки теоретичних основ автоматизації попереднього проектування осей механізмів роботів, що є необхідним для подальшого створення необхідних програмних модулів – складових спеціалізованого програмного забезпечення систем автоматизованого проектування деталей механізмів роботів різного призначення.

Вісь є деталлю, що забезпечує обертальний рух, але при цьому не передає крутного моменту та широко використовується в машинах та механізмах різного призначення у тому числі в механізмах роботів. Слід підкреслити, що механізм роботу може містити досить велику кількість осей різних конструкцій та типорозмірів у залежності від їхнього призначення в даному механізмі. Різноманіття експлуатаційних умов унеможливило стандартизацію осей як у трипільних деталей (болтів, шпильок, гвинтів і т.п.), тому проектування осей для кожного механізму є оригінальною задачею. В той же час, підходи щодо проектування осей різних механізмів та машин є однаковими та добре відомими, тому розв'язування задачі проектування осей містить досить вагому рутинну складову. З урахуванням цього, створення системи автоматизованого проектування осей механізмів роботів є доцільним з практичної точки зору для економії робочого часу інженерів-конструкторів.

Проектування деталей машин та осей механізмів роботів у тому числі зводиться до визначення основних розмірів деталей (осей), що забезпечують виконання умови міцності, яка обмежує внутрішні механічні напруження в деталях. При проектуванні осей враховують згинаючі моменти від зовнішнього навантаження та реакцій опор, які у загальному випадку можуть діяти у двох ортогональних площинах; величина сумарного згинаючого моменту та допустиме напруження конструкційного матеріалу обмежують мінімальний діаметр осі. Зрозуміло, що проектування осі потребує визначення реакцій її опор.

Запропонована узагальнена схематизація осі у вигляді двоопорної балки, що згинається у двох взаємно ортогональних площинах, дозволяє забезпечити зрозуміле введення вихідних даних та автоматизоване визначення реакцій опор осі, що є необхідним для її подальшого проектування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Romashov Yu., Yartemyk Y. Prikhodko K. Automated Design of Mechanical Structures Used in Robotic Systems with Existed Experience // Виробництво & Мехатронні Системи 2021: матеріали V-ої Міжнародної конференції, Харків, 21-22 жовтня 2021 р.: тези доповідей / [редкол. І.Ш. Невлюдов (відповідальний редактор)].-Харків: [електронний друк], 2021. 180 с. - р. 24-26.
2. Z. Chong, F. Xie, X.-J. Liu, J. Wang, H. Niu, "Design of the parallel mechanism for a hybrid mobile robot in wind turbine blades polishing", Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, vol. 61, 101857, 2020.
3. B. Zhang, J. Wu, L. Wang, Z. Yu, "Accurate dynamic modeling and control parameters design of an industrial hybrid spray-painting robot", Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, vol. 63, 101923, 2020.
4. F. Bader, S. Rahimifard, "A methodology for the selection of industrial ro-bots in food handling", Innovative Food Science & Emerging Technologies, vol. 64, 102379, 2020.
5. Иванов М.Н. Детали машин: Учеб. для студентов вузов / Под ред. В.А. Финогенова. 6-е изд., перераб. Москва: Высш. шк., 2000. 383 с.
6. Детали и механизмы роботов: Основы расчета, конструирования и технологии производства: Учеб. пособие / Р.С. Веселков, Т.Н. Гонтаровская, В.П. Гонтаровский и др.; Под ред. Б.Б. Самотокина. Киев: Выща шк., 1990. 343 с.
7. Промышленные роботы в машиностроении: Альбом схем и чертежей: Учеб. пособие для технических вузов / Ю.М. Соломенцев, К.П. Жуков, Ю.А. Павлов и др.; Под общ. ред. Ю.М. Соломенцева. Москва: Машиностроение, 1986. 140 с.
8. Решетов Д.Н. Детали машин: Учебник для студентов машиностроительных и механических специальностей вузов. 4-е изд., перераб. и доп. Москва: Машиностроение, 1989. 496 с.

Науковий керівник: Ромашов Юрій Володимирович, д.т.н., професор кафедри КІТАМ Харківський національний університет радіоелектроніки.

ЕВОЛЮЦІЙНИЙ ПОШУК РІШЕНЬ У ТЕХНОЛОГІЯХ РЕІНЖІНІРИНГУ ВИРОБНИЧИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ

Лясковка Я.І.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: yan.liaskovka@nure.ua

Анотація: Запропоновано формалізацію багатокритеріальної задачі реінжинірингу корпоративних комп'ютерних мереж. Вона передбачає структурну, топологічну, параметричну та технологічну оптимізацію мережі за локальними критеріями. Це дозволяє звести її до задачі оптимізації зі скалярним критерієм. Запропонований підхід до формування підмножини ефективних варіантів суттєво знижує часову та ємнісну складності методів вирішення задачі реінжинірингу. Для остаточного вибору варіанта реінжинірингу, було запропоновано використання еволюційного методу.

Ключові слова: еволюційний пошук, реінжиніринг, генетичний алгоритм.

EVOLUTIONARY SEARCH FOR SOLUTIONS IN REENGINEERING TECHNOLOGIES OF PRODUCTION COMPUTER NETWORKS

Y. Liaskovka

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av.,14

E-mail: yan.liaskovka@nure.ua

Annotation: The formalization of the multicriteria problem of corporate computer networks reengineering has been offered. She provides structural, topological, parametric, and technological optimization of the network according to local criteria. It allows us to reduce her to the optimization problem with a scalar criterion. The proposed approach for a subset of effective option formation significantly reduces the time and capacitive complexity of methods for solving the problem of reengineering. For the final choice of the reengineering option, the use of an evolutionary method has been proposed.

Key words: evolutionary search, reengineering, genetic algorithm.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Основу систем управління сучасними виробничими системами складають корпоративні комп'ютерні мережі. Вони використовуються для розв'язання широкого спектру задач на різних рівнях управління від управління постачанням і складським господарством до управління збутом готової продукції. Зміна кількості користувачів, комплексу задач управління, вимог до функціональних характеристик існуючих корпоративних комп'ютерних мереж (ККМ), удосконалення технологій та засобів обробки інформації призводять до необхідності їх модернізації.

Найбільш суттєві комплексні зміни у структурі, топології, параметрах і технологіях функціонування ККМ реалізуються в процесі їх реінжинірингу [1–2]. При цьому враховуються найважливіші особливості таких мереж [3]: неповна визначеність вихідних даних та цілей їх оптимізації; тісний зв'язок задач структурної, топологічної, параметричної та технологічної оптимізації; обчислювальна складність спільного розв'язання всієї множини задач; відсутність ефективних методів розв'язання задач великого розміру.

Процес реінжинірингу ККМ передбачає розв'язання множини специфічних завдань системного проектування, серед яких [4–5]: вибір принципів побудови; оптимізація структури; оптимізація топології елементів і зв'язків; вибір технології обробки та передачі інформації; оптимізація параметрів елементів та зв'язків; багатокритеріальна оцінка ефективності варіантів побудови мережі. У процесі реінжинірингу ККМ на першому етапі

здійснюється декомпозиція їх цілей, функцій та завдань, а на другому – агрегування та генерація варіантів їхньої побудови в цілому.

Більшість часткових задач реінжинірингу мереж відносяться до класу комбінаторних. Відомі точні методи розв'язання таких задач мають неполіноміальну часову складність [4]. Найбільш складними з обчислювальної точки зору є задачі оптимізації структур і топології мереж. Виходячи з цього, актуальним завданням є підвищення ефективності технологій реінжинірингу ККМ шляхом розробки ефективних або удосконалення існуючих методів оптимізації їх топологічних структур.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Задача реінжинірингу топологічних структур ККМ розглядається у наступній постановці. Задано існуючий варіант побудови комп'ютерної мережі $s' \in S$, а також: множину користувачів $I = \{i\}$, $i = \overline{1, n_0}$ та їх територіальне розташування; множину місць можливого розміщення її вузлів $G = \{g\}$; витрати на створення (модернізацію) й експлуатацію вузлів і каналів передачі інформації.

Необхідно визначити найкращий варіант реінжинірингу топологічної структури мережі $s \in S$: кількість вузлів n_U ; місця розміщення вузлів; множину і типи зв'язків між елементами та вузлами $R = \{r_{ij}\}$, $i, j = \overline{1, n_0}$; підмножини користувачів, пов'язаних з кожним із вузлів. Якість рішень пропонується оцінювати за множиною локальних критеріїв витрат $k_1(s)$, оперативності (часу доступу до ресурсів мережі) $k_2(s)$, надійності $k_3(s)$ та живучості (здатності виконувати визначені функції при пошкодженні елементів чи зв'язків) $k_4(s)$:

$$\begin{cases} k_1(s) \rightarrow \min, \\ k_2(s) \rightarrow \min, \\ k_3(s) \rightarrow \max, \\ k_4(s) \rightarrow \max. \end{cases}_{s \in S}; \quad (1)$$

Формалізація показників якості проектних рішень у вигляді локальних критеріїв $k_i(s)$, $i = \overline{1, m}$ (де m – кількість локальних критеріїв) дозволяє звести багатокритеріальну задачу до традиційної задачі оптимізації зі скалярним критерієм загальної корисності [6]:

$$P(s) = \sum_{i=1}^m \eta_i \xi_i(s), \quad (2)$$

$$\xi_i(s) = \xi_i(k_i(s)) = \left(\frac{k_i(s) - k_i^-(s)}{k_i^+(s) - k_i^-(s)} \right)^{\gamma_i}, \quad i = \overline{1, m}, \quad (3)$$

де η_i – ваговий коефіцієнт локального критерію $k_i(s)$, $\eta_i \geq 0$, $\sum_{i=1}^m \eta_i = 1$; $\xi_i(s) = \xi(k_i(s))$ – функція корисності локального критерію $k_i(s)$; $k_i(s)$ – значення локального критерію для s -го варіанту реінжинірингу мережі; $k_i^-(s)$, $k_i^+(s)$ – найгірше та найкраще значення локального критерію $k_i(s)$; γ_i – параметр, що визначає вид залежності (3): при $\gamma_i > 1$ – випукла до внизу; при $\gamma_i = 1$ – лінійна; при $0 < \gamma_i < 1$ – випукла вгору.

Перед остаточним вибором варіанту реінжинірингу необхідно з множини допустимих варіантів $S = \{s\}$ виділити підмножину ефективних $S^E \subseteq S$. Варіант реінжинірингу мережі моніторингу називається ефективним $s^E \in S$, якщо на множині допустимих не існує іншого варіанту $s \in S$, для якого виконувались б нерівності:

$$k_i(s) \geq k_i(s^E), \text{ якщо } k_i(s) \rightarrow \max, \quad (4)$$

$$k_i(s) \leq k_i(s^E), \text{ якщо } k_i(s) \rightarrow \min \quad (5)$$

і хоча б одна з яких була строгою.

Залежно від розмірності задачі $|S|$ для виділення підмножини ефективних варіантів використовують різні методи та алгоритми: дискретного вибору, ваговий метод, парних порівнянь, методи на основі теорем Карліна та Гермейєра, еволюційного пошуку на основі генетичних алгоритмів [7–9].

Підмножина ефективних рішень S^E на основі теореми Карліна визначається об'єднанням варіантів s_i^o , $i = \overline{1, m}$, оптимізують кожен із локальних критеріїв $k_i(s)$, з рішеннями задачі параметричного програмування [10]:

$$\lambda_i \in \Lambda = \{ \lambda_i : \lambda_i > 0 \quad \forall i = \overline{1, m}, \quad \sum_{i=1}^m \lambda_i = 1 \}, \quad (6)$$

$$s_i^o = \arg \max_{s \in S} \{ P(s) = \sum_{i=1}^m \lambda_i \xi_i(s) \}. \quad (7)$$

Підмножина ефективних варіантів на основі теореми Гермейєра визначається об'єднанням варіантів s_i^o , $i = \overline{1, m}$, оптимізують кожен із локальних критеріїв $k_i(s)$, з рішеннями задачі параметричного програмування [9]:

$$\lambda_i \in \Lambda = \{ \lambda_i : \lambda_i > 0 \quad \forall i = \overline{1, m}, \quad \sum_{i=1}^m \lambda_i = 1 \}, \quad (8)$$

$$s_i^o = \arg \max_{s \in S} \{ P(s) = \min_i \lambda_i \xi_i(s) \}. \quad (9)$$

При цьому: методи дискретного вибору та парних порівнянь з огляду на високу часову складність застосовуються тільки на відносно невеликих множинах допустимих рішень $S = \{s\}$; еволюційні, вагові методи, включаючи методи на основі теорем Карліна, Гермейєра мають меншу регульовану часову складність, але дозволяють у загальному випадку виділяти лише неповні підмножини S^E (Парето-фронти) [10]. Для зниження часової та смісної складності методу розв'язання задачі пропонується формувати підмножину ефективних S^E вже на етапі генерації допустимих варіантів побудови мережі $S = \{s\}$.

У запропонованій модифікації еволюційного методу здійснюється пошук на всій множині можливих значень кількості вузлів мережі $1 \leq n_U \leq n_o / 2$. Для кодування рішень використовується бінарний вектор, елементами якого є діагональні елементи матриці зв'язків мережі $R = [r_{ij}]$, $i, j = \overline{1, n_o}$ ($r_{ij} = 1$, якщо i -й і j -й елементи мережі мають безпосередній зв'язок; $r_{ij} = 0$ – в іншому випадку; для вузлів мережі – $r_{ii} = 1$).

Модифікація методу [11], що реалізується генетичним алгоритмом, передбачає реалізацію таких кроків.

1. Завдання вихідних даних: множина місць можливого розміщення вузлів, розміру популяції хромосом, ймовірності мутації; номер ітерації (популяції); кращого поточного значення узагальненого критерію $P(s)$ (1).
2. За допомогою генератора випадкових чисел одержати початкову популяцію рішень.
3. Розрахунок пристосованості рішень популяції.
4. Якщо виконується умова закінчення роботи алгоритму перейти до кроку 10, в іншому випадку – до кроку 5.
5. Відбір рішень, якщо елітизм увімкнено.
6. Селекція хромосом, за допомогою турнірного відбору.
7. Застосування операції односточкового схрещування.

8. Застосування операції мутації шляхом інверсії випадкового біту.

9. Формування нової популяції рішень. Перехід до кроку 3.

10. Закінчення роботи алгоритму, отримано найкраще з розглянутих рішення
 $s^o = \arg \max_{s \in S} P(s)$.

Алгоритм методу дозволяє паралельно здійснювати пошук за кількістю вузлів $1 \leq n_U \leq n_o / 2$ та місцями їх найкращого розміщення вузлів мережі. За рахунок цього він має переваги над відомими генетичними алгоритмами, що реалізують спрямований перебір варіантів побудови мережі за показниками точності та часової складності [4].

ВИСНОВКИ. Проведено формалізацію багатокритеріальної задачі реінжинірингу корпоративної комп'ютерної мережі, яка передбачає її структурну, топологічну, параметричну та технологічну оптимізацію за комплексним показником «ефект-витрати». Деталізація показників якості варіантів у вигляді приватних критеріїв витрат, оперативності, надійності та живучості дозволила звести її до традиційного завдання оптимізації зі скалярним критерієм. Запропонований підхід до формування підмножини ефективних варіантів суттєво знизив тимчасову та ємнісну складності методів вирішення задачі реінжинірингу. Напрямок подальших досліджень може бути розробка багатопотокового генетичного алгоритму, розробка нових методів відбору, схрещування, мутації, елітизму, які дозволять прискорити збіжність алгоритму.

ЛІТЕРАТУРА

1. Таненбаум Э. С., Уэзеролл Д. Компьютерные сети. СПб.: Питер, 2018.
2. Нестеренко С. А. Выбор оптимального плана энергоэффективного реинжиниринга корпоративной компьютерной сети // Электротехнічні та комп'ютерні системи. 2017. №25. С. 341–346.
3. Бескоровайный В. В. Системологический анализ проблемы структурного синтеза территориально распределенных систем // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. – 2002. Вып. 120. С. 29–37.
4. Бескоровайный В. В., Подоляка К. Е., Разработка системологической модели проблемы структурно-топологического реинжиниринга систем крупномасштабного мониторинга // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2015. №3 (75). С. 37–42.
5. Бескоровайный В. В., Подоляка К. Е. Разработка модели многокритериальной задачи реинжиниринга топологических структур систем крупномасштабного мониторинга // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2015. №4 (76). С. 49–55.
6. Крючковский В. В., Петров Э. Г., Соколова Н. А., Ходаков В. Е. Интроспективный анализ. Методы и средства экспертного оценивания. Херсон: Гринь ДС, 2011.
7. Безрук В.М., Чеботарева Д.В., Скорик Ю.В. Многокритериальный анализ и выбор средств телекоммуникаций. Харьков: Украина, ФОП Коряк С.Ф. – 2017. – 268 с.
8. Чеботарева Д.В., Безрук В.М. Многокритериальная оптимизация проектных решений при планировании сотовых сетей мобильной связи. Харьков: Компания СМІТ. 2013. 148 с.
9. Kalyanmoy Deb and Debayan Deb. Analysing mutation schemes for real-parameter genetic algorithms // International Journal of Artificial Intelligence and Soft Computing. 2014. No. 4(1). P. 1–28.
10. Михалевич В.С., Волкович В.Л. Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем. – М.: Наука, 1982. – 288 с.
11. Vladimir V. Beskorovainyi, Lubomyr B. Petryshyn, Olha Yu. Shevchenko. Specific subset effective option in technology design decisions // Applied Aspects of Information Technology. (2020). Vol.3. – No.1. P. 443–455.
12. Бескоровайный В. В., Подоляка К. Е. Модификации метода направленного перебора для реинжиниринга топологических структур систем крупномасштабного мониторинга // Радиоэлектроника и информатика. 2015. № 3 (70). С. 55–62.

Науковий керівник: *Бескоровайний Володимир Валентинович, д.т.н., професор кафедри системотехніки, Харківський національний університет радіоелектроніки.*

АНАЛІЗ СФЕР ЗАСТОСУВАННЯ ТА ОСОБЛИВОСТЕЙ КОНСТРУКЦІЙ МУЛЬТИКОПТЕРІВ

Шабалін А. О., Рубльов П. К.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14

E-mail: andrii.shabalin@nure.ua, pavlo.rublov@nure.ua

Анотація: Проаналізовано застосування мультикоптерів у різних галузях. Описані основні вимоги до конструкцій окремих сфер застосування. Сформовані завдання щодо апаратного та програмного забезпечення мультикоптера для рятувальних робіт з використанням інфрачервоного датчика.

Ключові слова: мультикоптер, дрон, БПЛА, застосування, конструкція.

ANALYSIS OF THE FIELD OF APPLICATION AND FEATURES OF MULTICOPTERS STRUCTURES

A. Shabalin, P. Rublov

Kharkiv National University of Radioelectronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av., 14

E-mail: andrii.shabalin@nure.ua, pavlo.rublov@nure.ua

Annotation: The application of multicopters in different industries is analyzed. The basic designs requirements of different scope of application are described. The tasks on the hardware and software of the multicopter for carrying out rescue operations with use of the infrared sensor are formed.

Key words: multicopter, dron, UAV, using, construction..

ВСТУП. Слово «безпілотник», яке масово увійшло в наше життя в останні пару років, насправді бере початок ще у середні XIX століття. Тоді, під час бомбардування Венеції, були використані безпілотні повітряні кулі, які автоматично скидали бомби над повстанцями. Хоч і руйнівний ефект був мінімальним, але цією технологією зацікавилися та почали розвивати. Сьогодні ж, після досвіду кількох світових війн та сотень збройних конфліктів по всьому світі, безпілотна бойова техніка стала одним із найефективніших видів зброї [1].

Використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА), або інакше – дронів, в останні роки стрімко поширюється майже на всі сфери життя. Дрони застосовують повсюдно: від секретних військових операцій та патрулювання кордонів до рятувальних місій та вирішення суто побутових питань – фотографування сімейних подій або доставлення піци. Створюється враження, що чи не єдиним фактором, що стримує розвиток та застосування дронів у розвинених країнах світу сьогодні стає законодавство, яке захищає приватні інтереси громадян від цих занадто «спостережливих» пристроїв та піклується про боротьбу зі злочинністю та безпеку повітряного простору. Однак, мирне використання БПЛА в різних галузях науки та господарства – промисловості, лісівництві, екології, картографії, космічних дослідженнях неможливо переоцінити [2]. Тому розвиток та застосування дронів у різних галузях є перспективним у найближчому майбутньому.

Одним з актуальних напрямів використання дронів є рятування людей при повенях, пожежах, лавинах та інших надзвичайних ситуаціях. Важливою складовою будь-якого мультикоптера є програмне забезпечення, що є перспективним напрямком у розвитку та вдосконаленні БПЛА. Тому розроблення мультикоптерів для рятувальних цілей та програмного забезпечення для них є актуальною задачею, отже була поставлена задача розгляду функцій та особливостей конструкцій мультикоптерів, в залежності від сфер їх використання для формування вимог щодо розроблення рятувального БПЛА.

СФЕРИ ЗАСТОСУВАННЯ МУЛЬТИКОПТЕРІВ. Створення і використання БПЛА стало серйозним проривом в області інтелектуальних досягнень. Можна стверджувати, що інновації використані у всіх елементах цих пристроїв: від сучасних композитних матеріалів до новітнього навігаційного обладнання та програмного забезпечення.

Залежно від розмірів і закладених програм мультикоптери мають різне призначення. Звідси і різні варіанти їх застосування. Найбільші моделі використовуються в армії – вони забезпечені фіксованими крилами і вимагають коротких злітно-посадкових смуг. Є агрегати, які застосовують для географічного знімання місцевості, боротьби з браконьєрством і в метеорологічних цілях. Дрони менших розмірів використовують технологію вертикального зльоту і посадки. А зовсім-зовсім мініатюрні моделі запускаються з долоні. Сьогодні дрони іноді є єдиним засобом, здатним допомогти людям у складній ситуації [3].

У повсякденному житті безпілотники використовують:

- на телебаченні: при створенні художніх і документальних фільмів, рекламних роликів, музичних кліпів, новинних репортажів, а також для освітлення спортивних змагань та ігор;
- при проведенні масових заходів: міських свят, концертів та інших подій;
- у сфері безпеки: спостереження з повітря з метою охорони об'єктів, територій та людей;
- у сільському господарстві;
- для доставляння харчових продуктів;
- при гасінні пожеж;
- як вид спорту.

І це тільки мала частина сфер застосування дронів. Безпілотники широко використовуються також в археології, картографії, лісовому господарстві, будівництві, екології, геодезії та багатьох інших областях.

В залежності від сфери застосування мультикоптери мають особливості в конструкції.

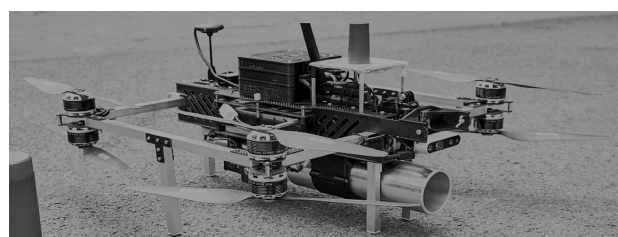
Наприклад, дронів почали використовувати як інструмент служби доставляння. Проєкт Wing, розроблений компанією Google Alfabet, співпрацює з двома австралійськими компаніями – медичною та ресторанною. За допомогою дронів Alfabet доставлятимуть їжу й ліки замовникам, які проживають у сільській місцевості. Зазвичай, аби отримати замовлення, такі клієнти мають 40 хвилин їхати автівкою, оскільки найближчий продуктовий магазин, ресторан чи аптека розташовані далеко від їхньої домівки. Проєкт Wing – експериментальний, тобто ті, хто скористається його послугами, стануть учасниками дослідження ефективності доставляння дронами. Такий метод ще не є ідеальним, тому що навіть попри систему, яка може попередньо налаштовувати маршрути, дрони покладаються на бортові датчики, щоб уникнути перешкод. Та чим більше маршрутів буде пройдено, тим більше інформації зможуть зібрати дрони, а, відповідно, тим краще працюватимуть датчики на місцевості і зможуть забезпечити захист БПЛА від зіткнення.

Потужні моделі мультикоптера вже використовують для перенесення вантажів. Наприклад, компанія Amazon використовує дрони для доставляння товарів (рис. 1, а), розробляє проєкт зі створення вежі, яка стане відправною точкою для дронів-кур'єрів, а також працює над створенням особливого дизайну літальних машин-перевізників. Схожою системою доставляння активно користується і пошта Швейцарії. Завдяки безпілотникам здійснюється доставляння кореспонденції в важкодоступні села.

Прикладом дрона, що використовується при гасінні пожеж є DOFEC (рис. 1, б). Його спеціально розробляли для гасіння пожеж у висотних та багатоповерхових будинках з 2019 року. Тому за ті десять хвилин, які дрон вагою у дев'ять кілограмів здатний провести у повітрі, він має визначити місце займання, а також націлити у нього протипожежну капсулу, які поглинають тепло і випускають вогнегасну суміш.

Штучний інтелект дрона, опираючись на дані бортової навігаційної системи та інфрачервоної камери, направляє апарат до джерела вогню. Наближаючись до джерела, дрон

застосовує випусковий механізм, з яким націлює капсули. Так вдасться знизити інтенсивність вогню і дати пожежникам більше часу на порятунок постраждалих [5 – 7].



а) дрон доставки компанії Amazon [4]

б) пожежний дрон DOFEC [8]

Рисунок 1 – Приклади конструкцій мультикоптерів

Аналіз видів дронів та сфер їх застосування дав змогу сформуванню вимоги щодо розроблення мультикоптера для пошуку людей під час рятувальних операцій: такі дрони мають охоплювати досить велику частину місцевості, мати потужну батарею та мати інфрачервоні датчики для виявлення місця знаходження людей. В даній роботі поставлена задача розробки дрону та програмного забезпечення для пошуку та порятунку людей.

Для рішення задачі має бути розроблена конструкція мультикоптеру, використаний інфрачервоний датчик, написано програмне забезпечення, проведено тестування розробленого коптера на місцевості.

ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ МУЛЬТИКОПТЕРІВ. Дрони – літальні апарати з дистанційним (автономним) наведенням. Їх можна розділити на три основні типи відповідно до їх літних механізмів:

- мультироторні дрони (вертолітні дрони);
- дрони з нерухомим крилом;
- дрон з гібридним крилом.

Мультироторні дрони засновані на принципі вертикального зльоту і посадки, можуть зависати в фіксованому місці, що дозволяє їм забезпечувати постійне покриття стільникового зв'язку в певних областях. Мультироторні БПЛА можуть діяти як базові станції в необхідних місцях з високою точністю і влучністю. Однак їх мобільність дуже обмежена, вони споживають велику кількість енергії.

Дрони з нерухомим крилом більш енергоефективні, ніж мультироторні дрони. Це пов'язано з їх здатністю рухатися з високою швидкістю при перевезенні важких вантажів. Основними недоліками БПЛА з нерухомим крилом є необхідність злітно-посадкової смуги через їх характерний горизонтальний зліт і посадку; нездатність зависати над фіксованими місцями розташування; дороге програмне та апаратне забезпечення.

Дрон з гібридним крилом з'явився на ринку недавно. Ці БПЛА з фіксованим/обертювним крилом можуть швидко досягати пункту призначення, ковзаючи по повітрю і зависаючи за допомогою чотирьох роторів [9].

Найбільш поширеними в усьому світі є два види безпілотників: літакові (наприклад, eBee Ag від SenseFly) та мультироторні (наприклад, різні моделі квадрокоптерів Phantom від DJI). Мультироторні дрони залежно від кількості гвинтів (роторів) поділяються, відповідно, на три-, quadro-, гекса- та октокоптери.

Мультироторні дрони загалом дешевші, але, як правило, поступаються у терміні безперервного польоту, мають менше охоплення території за один виліт та меншу вантажопідйомність [10].

Що стосується типу живлення, то дрони можуть бути електричними або бензиновими. Перший варіант більш функціональний, при цьому потрібна постійна зарядка дронів. Щоб забезпечити безперебійну роботу мультикоптера, краще купувати відразу кілька батарей: поки одна буде заряджатися, друга буде експлуатуватися в пристрої.

Бензинові варіанти відрізняються тривалістю роботи, стійкістю до поривів вітру завдяки великій вазі. Але такі пристрої також мають кілька недоліків – при падінні на землю вони можуть розбитися або спалахнути.

Існує ще один вид безпілотного пристрою, у якого для живлення використовується генератор для дронів, потужність якого становить до 2000 Вт. Такі пристрої оснащуються потужним двигуном внутрішнього згоряння, що забезпечує швидкість роботи генератора до 48 В на виході. У таких пристроях також можна використовувати акумулятор як запасне джерело живлення, якщо запасного акумулятора або палива поруч не виявиться. Генератор для дрона має ще один плюс – низький рівень шуму, який складає 80 дБ (з глушником рівень шуму становить максимум 60 дБ) [11].

Для поставленої задачі було обрано створення мультироторного дрона з використанням інфрачервоного датчика для визначення положення людей, що потребують допомоги.

ВИСНОВКИ. У даній роботі проведено аналіз сфер застосування та особливостей конструкцій мультикоптерів. Описані базові вимоги до дронів, що можуть застосовуватися у різних випадках. Сформовані вимоги для розроблення мультикоптера для рятувальних цілей.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пожужжімо? П'ять революційних сфер застосування дронів – [Електронний ресурс] / techno.nv.ua – Режим доступу: www/ URL: https://techno.nv.ua/ukr/innovations/pjat-revoljutsijnikh-sfer-zastosuvannja-droniv-2466273.html – 16.11.21 р. – Загол. з екрана.
2. Агрокоптер, або дрон польовий – [Електронний ресурс] / agrimatika.com.ua – Режим доступу: www/ URL: https://agrimatika.com.ua/agrokopter-abo-dron-poloviy/ – 16.11.2021 р. – Загол. з екрана.
3. "ДРОНИ". Залізні птахи на службі у Людини. [Електронний ресурс] / testo. – Режим доступу: www/ URL: https://naurok.com.ua/droni-zalizni-ptahi-na-sluzhbi-u-lyudini-150939.html – 17.11.2021 р. – Загол. з екрана.
4. Amazon получил разрешение на доставку дронами от властей США – [Електронний ресурс] / retailers.ua – Режим доступу: www/ URL: https://retailers.ua/news/tehnologii/10860-amazon-poluchil-razreshenie-na-dostavku-dronami-v-ssha – 17.11.2021 р. – Загол. з екрана.
5. Оператор дронів (Пілот дронів) – [Електронний ресурс] / poprofessii.in.ua – Режим доступу: www/ URL: https://poprofessii.in.ua/uk/operator_droniv_pilot_droniv – 17.11.2021 р. – Загол. з екрана.
6. Повітряний десант: як розвивається індустрія дронів – [Електронний ресурс] / biggggidea.com – Режим доступу: www/ URL: https://biggggidea.com/practices/povitryranij-desant-yak-rozvivayetsya-industriya-droniv/ – 18.11.2021 р – Загол. з екрана.
7. Дрони: сфери застосування в теперішньому і в майбутньому – [Електронний ресурс] / brain.com.ua – Режим доступу: www/ URL: https://brain.com.ua/uk/brain_guide/advice/drony-sfery-zastosuvannya-v-terershnomu-v-majbutnomu/ – 18.11.2021 р – Загол. з екрана.
8. Дрон виявив пожежу та вцілів вогнегасною капсулою у вікно – [Електронний ресурс] / www.nauka.ua – Режим доступу: [www.nauka.ua – Режим доступу: www/ URL: https://www.nauka.ua/news/dron-viyaviv-pozhezhu-ta-vciliv-vognegasnoyu-kapsuloyu-u-vikno](http://www/ URL: https://www.nauka.ua/news/dron-viyaviv-pozhezhu-ta-vciliv-vognegasnoyu-kapsuloyu-u-vikno) – 18.11.2021 р – Загол. з екрана
9. Області застосування безпілотних літальних апаратів – [Електронний ресурс] / testo. – Режим доступу: www/ URL: https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/monographs/article/view/8531 – 19.11.2021 р. – Загол. з екрана.
10. Безпілотники – сучасний інструмент для аграрія – [Електронний ресурс] / agropro.club – Режим доступу: www/ URL: https://agropro.club/articles/bezpilotniki-suchasnij-instrument-dlya-agrariya/ – 19.11.2021 р. – Загол. з екрана.
11. Використання агродронів в сільському господарстві: все, що потрібно знати – [Електронний ресурс] / storgom.ua – Режим доступу: www/ URL: https://storgom.ua/ua/novosti/ispolzovanie-agrodronov-v-selskom-hozyajstve.html – 19.11.2021 р. – Загол. з екрана.

Науковий керівник: *Бабак Ірина Миколаївна, к.т.н., доцент кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки.*

ПІДТРИМКА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЧО-ЗБУТОВИМ ПРОЦЕСОМ

Адамцев Д. Ю., Прокопенко Д. І.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: dmytro.adamtsev@nure.ua, denys.prokopenko@nure.ua

Анотація: Підвищення ефективності виробничо збутової діяльності промислових підприємств є фундаментом формування їх конкурентоспроможності. Метою дослідження є аналіз та удосконалення за показниками точності, повноти та швидкодії (продуктивності) пошукових методів, що можуть бути використані у системах керування виробничо-збутовими процесами.

Ключові слова: виробничо-збутова система, підтримка прийняття рішень, керування.

DECISION-MAKING SUPPORT IN THE PRODUCTION AND MARKETING PROCESS MANAGEMENT SYSTEM

D. Adamtsev, D. Prokopenko

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av.,14

E-mail: denys.prokopenko@nure.ua

Annotation: Improving the efficiency of production and marketing activities of industrial enterprises is the foundation for the formation of their competitiveness. The purpose of the study is to analyze and improve the indicators of accuracy, completeness and speed (productivity) of search methods that can be used in the management systems of production and sales processes.

Key words: production and sales system, decision support, management.

Сучасні компанії з виробництва і збуту продукції функціонують в умовах зростаючої конкуренції, яка призводить до відносно швидких змін попиту, вимог до якості, змін географії споживачів тощо. Це потребує відповідних змін у системах управління ними, що використовують сучасні методи підтримки прийняття рішень та засоби сучасних інформаційних технологій. Однією з найважливіших задач при цьому є задача управління ланцюгами виробництва і поставок SCM (Supply chain management). Вона охоплює всі ланцюги виробничо-збутових процесів від проектування мереж ланцюгів поставок SCND (Supply chain network design) до управління процесами збуту. Такі мережі по своїй суті є об'єктами зі значною територіальною розосередженістю. Структурні, вартісні та функціональні характеристики таких мереж багато в чому визначаються топологією їх елементів (виробників, терміналів, споживачів). Топологія елементів мережі, в свою чергу, визначає топологію відповідних потоків [1].

На початкових етапах удосконалення системи управління виробничо-збутовим процесом прийняття рішень розглядається як деяка система:

$$Pr = \langle Tasks, Rels \rangle, \quad Tasks = \{ Task_i \}, i = \overline{1,6},$$

де *Tasks* – множина задач проблеми; *Rels* – множина відношень між задачами, що визначають схему їхніх зв'язків за вхідними і вихідними даними. У загальному випадку процес прийняття управлінських рішень потребує розв'язання такої множини задач *Tasks*: *Task*₁ – формалізація мети управління виробничо-збутовим процесом; *Task*₂ – визначення універсальної множини управлінських рішень; *Task*₃ – визначення множини допустимих

рішень; $Task_4$ – виділення підмножини ефективних рішень; $Task_5$ – задача ранжирування ефективних рішень; $Task_5$ – задача вибору найкращого управлінського рішення.

Схема вибору управлінських рішень з оцінкою за множиною показників у межах кардиналістичного підходу може бути подана у такому вигляді [1]:

$$Sit \rightarrow Axs \rightarrow Kopt \rightarrow x^o,$$

де Sit – ситуація прийняття управлінського рішення; Axs – набір аксіом, які визначають принцип упорядкування рішень; $Kopt$ – узагальнений критерій ефективності; x^o – найкраще управлінське рішення.

Актуальність дослідження процесу організації виробничо-збутової діяльності полягає в тому, що розробка дієвого механізму такої організації дозволить виявляти несприятливі тенденції, які виникають в процесі господарської діяльності підприємств і нейтралізувати їх за допомогою відповідного інструментарію. При цьому використання моделювання дозволяє спрогнозувати наслідки прийнятих рішень при управлінні виробничо-збутовим процесом і, на цій основі, значною мірою зменшити витрати ресурсів на реалізацію діяльності компанії.

Глобальною метою моделювання виробничо-збутових процесів є пошук відповідей, зокрема, на такі запитання [2]:

– як невеликі зміни обсягу роздрібних продаж можуть викликати значні коливання виробництва продукції підприємства?

– чому прискорення виконання конторських робіт може не зробити істотного впливу на поліпшення управлінських рішень?

– чому керівництво підприємством може виявитися не в змозі виконати замовлення, хоча його виробничі можливості перевищують обсяги продаж?

Метою дослідження є аналіз та удосконалення за показниками точності, повноти та швидкодії (продуктивності) пошукових методів, що можуть бути використані у системах керування виробничо-збутовими процесами.

Сучасні системи керування дозволяють контролювати весь процес виробництва та збуту продукції в умовах постійної зміни зовнішнього і внутрішнього середовища корпорації. При цьому з часів розробки методології системної динаміки Дж. Форрестером [2] однією з найважливіших проблем керування виробничо-збутовими комплексами є встановлення впливу організаційної структури та правил прийняття рішень на виникнення небажаних явищ у процесі їх функціонування. Зокрема, давно встановлено, що темпи виробництва можуть змінюватись у значно ширших межах, ніж фактичні темпи продажу товарів. Для виявлення причин таких явищ розроблено імітаційну модель, яка дозволяє прогнозувати динаміку виробничо-збутових процесів при зміні попиту на товар у залежності від їх організаційної структури і прийнятих правил прийняття рішень.

Процеси, що протікають у системі, подаються за допомогою трьох видів мереж: замовлень, товарів та інформації. Модель дозволяє встановлювати темпи потоків інформації у вигляді замовлень від споживачів (підприємств роздрібною торгівлі) до виробника, темпи виробництва, темпи потоків товарів від виробника до споживачів та запаси у ланках виробництва, оптової і роздрібною торгівлі (рис. 1).

До найбільш важливих рівнів, що впливають на динаміку процесів, відносяться:

- обсяги невиконаних замовлень;
- запаси товарів на складах;
- середні темпи продажу товарів, виходячи з яких визначаються бажані (раціональні) рівні запасів та заповнення каналів забезпечення.

Як найбільш важливі визначено такі темпи потоків у системі:

- темпи потоків замовлень від покупців;
- темпи відправки товарів покупцям;

- темпи видачі замовлень на товари;
- темпи отримання товарів.

Для встановлених вище потоків найбільш суттєвими є такі запізнення:

- виконання замовлення;
- прийняття рішень і підготовки замовлень;
- пересилання замовлень;
- транспортування товарів.

У класичній моделі динаміки [2–4] інтегровані потоки замовлень від роздрібних підприємств надходять на виробництво з оптових баз з урахуванням суттєвих поштових запізнень (рис. 1). З метою удосконалення класичної моделі запропоновано враховувати особливості сучасних технологій керування виробничо-збутовою діяльністю, що передбачають можливість використання засобів електронних комунікацій та безпосередньої передачі замовлень від роздрібних підприємств виробникам [5].

Обсяги невиконаних замовлень в ОЛ nzo і ВЛ nzp в класичній моделі подані у вигляді [2–4]:

$$nzo.k = nzo.j + dt*(pzo.jk - oto.jk), \quad (1)$$

$$nzp.k = nzp.j + dt*(pzp.jk - otp.jk), \quad (2)$$

де dt – крок моделювання; pzo, pzp – темпи потоків замовлень в ОЛ і ВЛ; oto, otp – темпи відвантаження товарів з ОЛ і ВЛ.

У класичній моделі динаміки виходи із запізнювань, пов'язаних з оформленням замовлень, служать входами для поштових запізнювань. Видача замовлень з роздрібною ланки (РЛ) і оптової ланки (ОЛ) відображається з використанням показникових запізнень [2–4]:

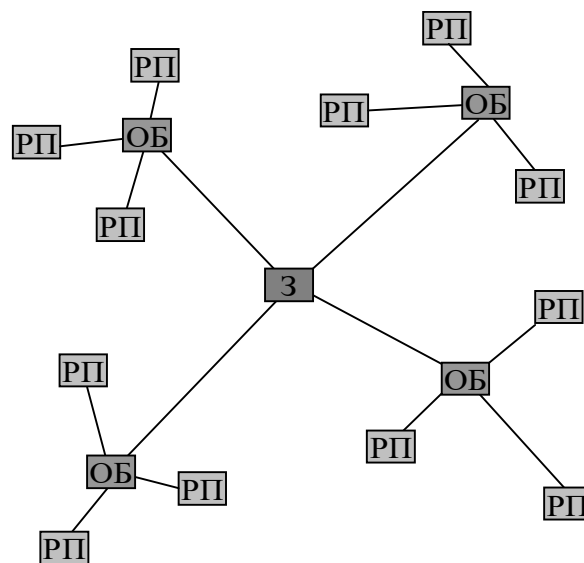
$$zpr.k = zpr.j + dt*(zvr.jk - pzo.jk), \quad (3)$$

$$pzo.kl = fnzap3(zvr.jk, zpr), \quad (4)$$

$$zpo.k = zpo.j + dt*(zvo.jk - pzp.jk), \quad (5)$$

$$pzp.kl = fnzap3(zvo.jk, zpo), \quad (6)$$

де $fnzap3$ – функція запізнювання 3-го порядку; zpr, zpo – видані РЛ і ОЛ замовлення на закупівлі, що перебувають у поштових каналах; zvr, zvo – темпи видачі замовлень РЛ і ОЛ на закупівлю товарів; pzo, pzp – темпи потоків замовлень в ОЛ і виробничу ланку (ВЛ); zpr, zpo – запізнення пересилання замовлень із РЛ і ОЛ (поштове).



З – завод; ОБ – оптова база; РП – роздрібне підприємство
Рисунок 1 – Структурна схема виробничо-збутової системи

На рисунку 2 подано фрагмент діаграми потоків у пакеті моделювання VenSim для виробничої ланки.

Виходячи з можливості використання мережевих технологій для передачі замовлень безпосередньо з РЛ до ВЛ, запропоновано удосконалення класичної моделі. В ній виключено рівняння, що описують поштові запізнення (3)–(6). Для цього випадку подамо рівняння для обсягів невиконаних замовлень (1)–(2) для умов використання цифрових технологій у такому вигляді:

$$nzo.k = nzo.j + dt*(zvr.jk - oto.jk), \quad (7)$$

$$nzp.k = nzp.j + dt*(zvo.jk - otp.jk), \quad (8)$$

де zvr , zvo – темп видачі замовлень РЛ і ОЛ на закупівлю товарів.

Виключимо з класичної моделі рівняння (5), а рівняння (6) подамо у такому вигляді:

$$pzp.kl = zvo.kl. \quad (9)$$

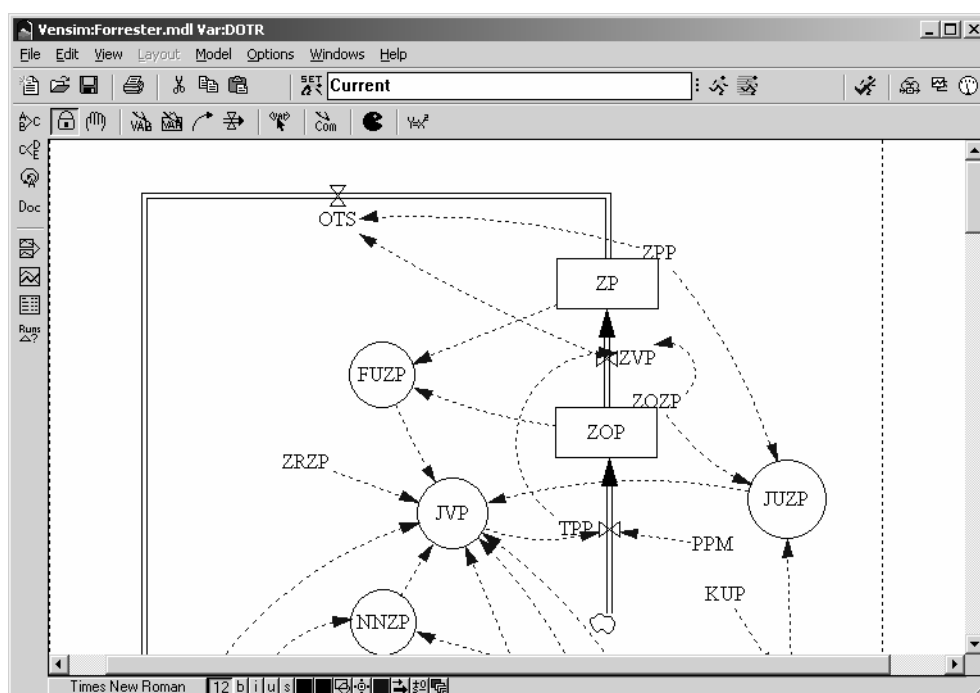


Рисунок 2 – Фрагмент діаграми потоків для виробничої ланки

Отримана у такий спосіб модель, буде відображати скорочення часу передачі замовлень за рахунок виключення процесів прийняття рішень з формування замовлень в ОЛ і паперової поштової пересилки замовлень. Використання запропонованих удосконалень (7)–(9) класичної моделі без втрати точності результатів моделювання дозволяє врахувати сучасні технології організації виробничо-збутової діяльності і дещо скоротити час проведення модельних експериментів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Beskorovainyi V., Sudik A. Optimization of topological structures of centralized logistics networks in the process of reengineering // Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries. – 2021. – No. 1 (15). – P. 23–31. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2021.15.023> (дата звернення 15.11.2021).
2. Вартанян В. М. Экономико-математическое обеспечение управленческих решений в менеджменте. Харьков: ХГЭУ. 2001. 288 с.
3. Безкоровайний В., Куницький М., Драз О., Лавриков В. Технологія формування замовлень у системі керування виробничо-збутовим процесом // Інформаційні системи та технології: матеріали

статей 9-ї Міжнарод. наук.-техн. конф., Харків, 17-20 листопада 2020 р. Х.: Друкарня Мадрид. 2020. С. 76–77.

4. Бескоровайный В. В. , Ахмед Ф. Х. Пошукові процедури для систем керування виробничо-збутовими процесами. Информационные системы и технологии: материалы 6-й Международ. науч.-техн. конф., Харьков, 11-16 сентября 2017 г.: тезисы докладов. Х.: ХНУРЕ. 2017. С. 134–135.
5. Thompson K. Sales Automation Done Right: selling in the digital age. – Toronto: SalesWays Press. 2005.

Науковий керівник: Безкоровайний Володимир Валентинович, д.т.н., професор кафедри КІТАМ, професор кафедри системотехніки Харківського національного університету радіоелектроніки.

УДК 004.896

ОПТИМІЗАЦІЯ МОДУЛЯ ВІДДАЛЕНОГО КЕРУВАННЯ МОБІЛЬНИМ РОБОТОМ

Барасій В. В.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: viacheslav.barasii@nure.ua

Анотація: Виконана формалізація задачі оптимізації модуля віддаленого керування мобільним роботом за множиною показників. Для багатокритеріальної оцінки варіантів з використанням апарату нечітких множин обрано вид функцій загальної корисності та корисності локальних критеріїв. Для ситуацій упорядкування локальних критеріїв за важливістю запропоновано використовувати метод лексикографічної оптимізації.

Ключові слова: мобільний робот, модуль керування, оптимізація.

OPTIMIZATION OF MOBILE ROBOT REMOTE CONTROL MODULE

V. Barasii

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av.,14

E-mail: viacheslav.barasii@nure.ua

Annotation: The formalization of the task of optimization of the module of remote control of the mobile robot on a set of indicators is executed. For multi criteria evaluation of variants using the apparatus of fuzzy sets, the type of functions of general usefulness and usefulness of local criteria is chosen. For situations of ordering local criteria by importance, it is proposed to use the method of lexicographic optimization.

Key words: mobile robot, control module, optimization.

У сучасному світі все зростаючий інтерес як у плані наукових досліджень, так і практичного застосування становлять дистанційно керовані роботи. Це є наслідком того, що розвиток нових технологій зумовлює можливість застосування роботів у широкому діапазоні сфер діяльності людини, у яких потрібна дистанційна присутність робота-виконавця чи оператора-експерта: у місцях екологічних і техногенних катастроф; для дослідження та знешкодження підозрілих предметів; у місцях масового скупчення людей; використання дистанційно-керованих об'єктів для військових застосувань; використання роботів для збирання космічних конструкцій тощо [1].

У умовах прискорення темпів промислового розвитку, високої конкуренції і, як наслідок, стрімкого скорочення часу виходу пристроїв ринку виникає гостра потреба у оптимізації процесу розробки мобільних роботів. Відповіддю на це стала поява та впровадження нових

гнучких методологій ведення проєктів, заснованих на Scrum та Agile, замість «традиційної» каскадної методології, яка застосовувалась раніше. Дані методології припускають перехід від попереднього планування всіх аспектів майбутньої моделі робота з подальшим їх втіленням до ітераційної розробки. Першою ітерацією є створення мінімально життєздатного продукту (робота, що володіє мінімальним набором функцій, достатнім, щоб задовольнити перших споживачів), який випускається на ринок для оцінки реального попиту та фактичних потреб потенційних користувачів. На наступних ітераціях відбувається доопрацювання та масштабування мінімально життєздатної моделі з наділенням його новим функціоналом [2].

Типова структура системи управління промислового мобільного робота подібна до аналогічної структурою для інших роботів. Основна відмінність полягає у наявності навігаційної системи і переважному використанні бездротового каналу зв'язку з системою керування. З точки зору елементної бази, як і в маніпуляційних роботах, у мобільній робототехніці як пристрій управління тактичного рівня використовуються програмовані логічні контролери та промислові комп'ютери. На відміну від маніпуляційних, в мобільних промислових роботах елементи системи управління розташовуються безпосередньо на самому роботі [2].

Задача проєктування системи дистанційного керування передбачає реалізацію інформаційних процесів, необхідних для виконання визначеного закону керування. В рамках системного підходу процес проєктування передбачає розв'язання комплексу задач, серед яких [3]:

- визначення множини задач проєктування;
- структурний аналіз комплексу задач;
- визначення вимог до системи дистанційного керування;
- розробка алгоритмів керування;
- розробка архітектури системи керування;
- розробка програмного забезпечення тощо.

Процес оптимізації модуля віддаленого керування крокуючим роботом з точки зору прийняття рішень у загальному випадку передбачає розв'язання наступної множини задач [4–5]: визначення мети оптимізації та її формалізація; визначення універсальної множини варіантів побудови модуля; визначення множини допустимих варіантів побудови модуля; виділення підмножини ефективних за множиною показників якості варіантів; упорядкування множини ефективних варіантів побудови модуля; вибір найкращого варіанту.

Задача визначення мети оптимізації та її формалізація у найпростішому випадку полягає в побудові цільової функції на основі одного критерію якості (ціна, маса, надійність, дальність дії тощо) модуля $k(x) \rightarrow \underset{x \in X}{extr}$, яка задається на множині альтернативних варіантів $X = \{x\}$ і набуває дійсних значень. У загальному випадку враховується множина показників (часткових критеріїв) ефективності $k_1(x), k_2(x), \dots, k_m(x)$. При цьому показники, що подаються у вигляді часткових критеріїв $k_j(x), j = \overline{1, m}$, як правило, мають різний фізичний зміст, розмірність, інтервали вимірювання і є суперечливими.

Розв'язання задачі визначення універсальної множини альтернатив здійснюється виходячи зі специфіки задачі або ситуації прийняття рішення у CALS-системі.

Задача визначення множини допустимих варіантів побудови модуля полягає у вилученні з універсальної множини підмножини таких, які не задовольняють вимогам до системи керування. Задля цього потрібно визначити функціональні та вартісні характеристики варіантів $x \in X$. Основними засобами оцінки властивостей $k_j(x), j = \overline{1, m}$ можливих варіантів побудови $x \in X$ є паспортні дані елементів конструкції, аналітичне й імітаційне комп'ютерне моделювання. Для одержання узагальнених оцінок якості варіантів $P(x)$

використовуються методи експертного і багатофакторного оцінювання на основі функцій корисності часткових критеріїв.

Задача виділення підмножини ефективних варіантів полягає у вилученні з множини допустимих неефективних (неоптимальних) варіантів побудови модуля (таких, що гірші одночасно за всіма показниками від інших).

Розв'язання задачі упорядкування множини ефективних варіантів побудови модуля здійснюється на основі парадигми максимізації їх корисності. Для її розв'язання використовуються два підходи: упорядкування варіантів особою, яка приймає рішення (проектувальником) або формування узагальненого критерію ефективності й зведення задачі до задачі багатофакторного оцінювання. При цьому в обох підходах вважається, що кожному з варіантів із множини допустимих (або ефективних) $x \in X$ приписується деяка корисність (цінність) $P(x)$, значення якої й визначають порядок варіантів за цінністю [4–5]:

$$\{\forall x, v \in X : x \sqsubseteq v \leftrightarrow P(x) = P(v); x \succ v \leftrightarrow P(x) > P(v); x \geq v \leftrightarrow P(x) \geq P(v)\}. \quad (1)$$

Однією з найважливіших при проектуванні мобільних роботів є задача оптимізації модуля віддаленого керування. Вона розв'язується виходячи з обмежень задачі з урахуванням множини показників якості (локальних критеріїв) $k_j(x)$, $j = \overline{1, m}$, $x \in X$ (де x – варіант побудови модуля; m – кількість локальних критеріїв; $X = \{x\}$ – множина допустимих варіантів побудови модуля).

Для остаточного вибору варіанту побудови модуля можна скористатись експертним методом, або на основі скалярної оцінки з використанням функції загальної корисності [4–5]:

$$P(x) = \sum_{j=1}^m \lambda_j \xi_j(x), \quad (2)$$

де λ_j – ваговий коефіцієнт критерію $k_j(x)$, $\lambda_j \geq 0$, $\sum_{j=1}^m \lambda_j = 1$; $\xi_j(x)$ – функція корисності критерію $k_j(x)$, $j = \overline{1, m}$.

Функції корисності часткових критеріїв $\xi_j(x)$, $j = \overline{1, m}$ мають задовольняти такі вимоги: бути монотонними і безрозмірними; мати єдиний інтервал зміни (від 0 до 1); бути інваріантними до виду екстремуму часткового критерію (*min* або *max*); дозволяти реалізувати як лінійні, так і нелінійні залежності від значень часткового критерію.

Функції корисності часткових критеріїв доцільно формувати з використанням теорії нечітких множин. Якщо $X = \{x\}$ деяка множина, що визначає набір варіантів побудови модуля керування, то нечітка (розмита) множина G «Кращий варіант побудови модуля віддаленого керування» на множині X задається функцією належності $\xi_G : X \rightarrow [0, 1]$, яка ставить у відповідність кожному елементові $x \in X$ дійсне число ξ_G з інтервалу $[0, 1]$. Число ξ_G визначає ступінь належності нечіткій множині G . Чим ближче до 1, тим вищий ступінь належності x нечіткій множині G . Для дискретних множин $X = \{x\}$ використовується подання нечіткої множини G як множини пар елементів $G = \{ \langle x, \xi_G(x) \rangle \}$. У цьому випадку частковий критерій буде подаватись подається як нечітка множина $k_j = \{ \langle k_j(x), \xi_j(x) \rangle \}$.

Використаємо відносно просту і поширену функцію корисності для обраних часткових критеріїв [4–5]:

$$\xi_i(x) = \left[\frac{k_j(x) - k_j^-(x)}{k_j^+(x) - k_j^-(x)} \right]^{\alpha_j}, \quad j = \overline{1, m}, \quad (3)$$

$k_j(x)$ – значення критерію; $k_j^-(x)$, $k_j^+(x)$ – найгірше та найкраще значення критерію; α_j – параметр, що визначає вид залежності $\xi_j(x)$: (лінійна, випукла вгору чи випукла вниз).

У цьому випадку вибір найкращого варіанту побудови модуля зводиться до пошуку аргументу, що максимізує значення функції узагальненої корисності: $s^o = \arg \max_{s \in S^*} P(s)$.

У випадку, коли інформація щодо важливості часткових критеріїв задана лише системою переваг часткових критеріїв, наприклад, $k_1 > k_2 > \dots > k_m$, будемо використовувати схему вибору компромісного розв'язку шляхом лексикографічної оптимізації (послідовного застосування критеріїв).

Розглянемо кілька широко поширених модулів для мікроконтролера Arduino, залежно від способу передачі. В першу чергу визначимо методи передачі даних, які найчастіше використовуються для управління роботами на відстані, а далі за результатами порівняння деяких з модулів, виділено позитивні та негативні сторони кожного з них [6–7].

При використанні мікроконтролерів Arduino маємо великий вибір готових модулів, які використовуються при передачі даних на відстані. Вони використовують такі методи передачі даних як: Bluetooth, Wi-Fi та радіопередачу.

Серед модулів, які використовують методи передачі даних по Bluetooth можна виділити HC-05. Одне з найкращих рішень для організації двостороннього зв'язку по Bluetooth Arduino-пристрою з планшетом, ноутбуком або іншим пристроєм Bluetooth. Може працювати як Master (здійснювати пошук Bluetooth-пристроїв та ініціювати встановлення зв'язку), так і Slave (відомий пристрій).

Технічні характеристики модуля HC05: напруга живлення: 3,3–5В; споживаний струм: 50мА; радіус дії до 10 метрів.

Серед Wi-Fi модулів можна виділити ESP-32. Мініатюрний Wi-Fi модуль із вбудованим стеком протоколу TCP/IP та керуванням AT-командами. Чіп створений для використання в розумних розетках, Mesh-мережах, IP-камерах, бездротових сенсорах, електроніці, що носить, і так далі.

Характеристики модуля: Wi-Fi 802.11 b/g/n; напруга живлення – 1.8÷ 3.6 В; струм споживання – 220мА; радіус дії до 15 ÷ 25 метрів. Існує можливість значно збільшити відстань роботи, з використанням кастомних зовнішніх антен, завдяки цьому можна збільшити відстань до 400 метрів. Якщо роутер оснастити тарілкою, можна досягти відстані зв'язку у 4 кілометри.

Серед радіомодулів для керування роботом можна використовувати SI4432. Модулі трансівера SI4432 на основі мікросхеми SI4432 дозволяють реалізувати стійкий двосторонній радіозв'язок у діапазоні частот від 240 до 930МГц на відстані до 1км на відкритій місцевості та 100÷300м у приміщенні.

Характеристики модуля: швидкість передачі: 0.123-256 Кбіт/с; напруга живлення: 1.8÷3.6; радіус дії до 1км.

Обрані модулі широко застосовуються в сучасних роботах. Модулі, які використовують радіопередачу працюють на більшій відстані, у порівнянні з Bluetooth і Wi-Fi, проте ці модулі виграють за якістю передачі даних, і можуть працювати на великій відстані з використанням додаткових антен, або якщо у всьому приміщенні є доступ до однієї мережі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Белоусов И. Р. Методы моделирования и дистанционного управления движением роботов: автореф. дис. на соиск. ученой степени докт. физ.-мат. наук: [спец.] 01.02.01 «Теоретическая

- механика», Москва. 2013.
- Петров В. Ф. Структура системы дистанционного управления роботами. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/struktura-sistemy-distantsionnogo-upravleniya-robotami/viewer> (дата звернення 15.11.2021).
 - Романов А.М. Обзор аппаратно-программного обеспечения систем управления роботов различного масштаба и назначения. Часть 1. Промышленная робототехника // Russian Technological Journal. – 2019. Т. 7. – №5. – С. 30-46 URL: <https://doi.org/10.32362/2500-316X-2019-7-5-30-46> (дата звернення 15.11.2021).
 - Beskorovainyi V. Combined method of ranking options in project decision support systems // Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries. – 2020. – No. 4 (14). P. 13-20. URL: <https://itssi-journal.com/index.php/itssi/article/view/230> (дата звернення 15.11.2021).
 - Beskorovainyi V. V., Petryshyn L. B., Shevchenko O. Yu. Specific subset effective option in technology design decisions // Applied Aspects of Information Technology. 2020. Vol. 3. No.1. P. 443-455. URL: <https://aait.opu.ua/?fetch=articles&with=info&id=40> (дата звернення 15.11.2021).
 - Обзор: шагающие роботы. URL: <https://triolcorp.ru/blog/post/obzor-shagayushchie-roboty> (дата звернення 15.11.2021).
 - Development of Walking Machines; Historical Perspective. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/1-4020-2204-2_28 (дата звернення 15.11.2021).

Науковий керівник: Безкоровайний Володимир Валентинович, д.т.н., професор кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки.

УДК 621.3.049.77

ЗАСТОСУВАННЯ КОНВЕРГЕНЦІЇ ДЛЯ МЕМС АКТЮАТОРІВ

Гніденко О. Ю., Бадаєв О. С.

Харківський національний університет

радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: oleh.hnidenko@nure.ua; oleksandr.badaiev@nure.ua

Анотація: Мікроелектромеханічні актюатори складаються з пристроїв різноманітної фізичної природи, таких як авіа-, гідро-, акусто-, механічна, опто-, електричні і т.д. та його особливих якостей. Конвергенція такого пристрою у єдине ціле являється основним принципом технології мікросистем. Гнучкість має істотне значення у мікродоменах та є базою для систем з розподіленими та зосередженими гнучкими елементами.

Ключові слова: мікроелектромеханічні актюатори, конвергенція, технологія мікросистем, мікромініатюризація.

APPLICATION OF CONVERGENCE FOR MEMS ACTUATORS

O. Hnidenko, O. Badaiev

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av.,14

E-mail: oleh.hnidenko@nure.ua; oleksandr.badaiev@nure.ua

Annotation: Microactuators consist of devices different physical nature such as air-, hydro-, acoustic-, mechanical, opto-, electrical, etc and its special qualities. Convergence such device in single whole is main principle of microsystems technologies. Flexibility is great value in microdomain and is base for systems with distributed and concentrated flexible elements.

Keywords: microelectromechanical actuators, convergence, microsystems technology, microminiaturization.

Основними видами компонентів мікросистемної техніки (МСТ) є сенсори та актюатори. Напряв робіт, пов'язаний зі створенням мікроманіпуляторів, мікророботів та малих машин є дуже важливим зважаючи на їх високі показники точності маніпулювання, швидкодії, рівню керованості, інтелектуальності та низькому споживанню енергії, матеріалоємності, вартості при масовому виробництві [1].

Ефективними сферами застосування мікроактюаторів є хірургія і медицина взагалі, космічна та військова техніка, приладо- та машинобудування, інтелектуальні технології, побутова техніка, техніка, що працює в надзвичайних ситуаціях.

Актуальною задачею є створення базового комплексу типових компонентів таких як мініатюрні приводи, перетворювачі енергії, мікромеханічні з'єднувачі з робочим інструментом, інструмент надзвичайної твердості.

Враховуючи вплив скейлінгу, згідно «вектору сил» [2] $F = [L_1, L_2, L_3, L_4]^T$, який вказує на швидкість зменшення сил від зменшення розмірів, ефективними джерелами енергії для мікроактюаторів стають електростатичні, п'єзоелектричні, електро-мікрорідинні сили, реактивні сили термічних процесів, сили поверхневого натягу та сили, що завдаються тиском газів та рідин. Малоефективними стають сили електромагнітної взаємодії.

Нижче наведений перелік різних фізичних явищ та створюваних ними сил, які в різних сполученнях їх в МСТ можуть забезпечити поліпшення властивостей мікропристроїв у порівнянні макроаналогами:

- повітряні (аеро-, газові) середовища характеризуються статичним тиском, динамічною можливістю створювати підйомну та реактивну силу, здатність проникнення в мікро- та мезопори, проміжки, передавати звукові, електромагнітні та світлові хвилі;

- акустичні середовища здатні змінювати свої властивості під дією механічних сил та електричної напруги (прямий та зворотній п'єзоєфекти), електрострикція, інтроскопія УЗ та мегазвуковими хвилями, перетворення енергії механічної, електричної, звукової; взаємодія акустичних та електромагнітних хвиль, інтенсивність УЗ коливань пропорційна квадрату частоти;

- гідравлічні (рідинні) – поверхневий натяг, тиск, капілярні сили, кавітація, гідроудар, гідроакустичні хвилі, мала стискаємість, різні фазові стани та їх зміна, гідростатичні сили, реактивні сили горіння;

- механічні явища та відповідні їх характеристики – вага (маса), інерція, жорсткість при різних видах деформації (розтяг, стискання, згин, зсув, крутіння, зріз), узагальнені сили, які залежать від конфігурації деформуємих (рухливих) елементів, зосереджені та розподілені пружності керована конфігурація деталей, збільшення швидкодії при мініатюризації, беззбірні структури, кристалічний та аморфний стан, анізотропія властивостей;

- оптичні явища – прозорість, поглинання, заломлення, відбиття, випромінення, фотозбудження, керування характеристиками за допомогою механічних, електричних, магнітних, хімічних дій, перетворення сонячної енергії, ВОЛЗ, активні та пасивні компоненти телекомунікацій, мініатюрні оптоз'єднувачі;

- фотонні явища – збудження, ініціалізація, іонізація, полімеризація, поліконденсація, фотосинтез, люмінесценція, когерентне випромінювання, оптична розв'язка, дистанційна дія та обробка матеріалів, зміна властивостей матеріалів, лазерне охолодження;

- електричні явища – електростатичні, електродинамічні, гальванічні, електромагнітні та інші види дій та взаємодії;

- магнітні явища – різні види магнітоопору (балістичний, гігантський, колосальний, тунельний, екстраординарний), особлива поведінка феромагнітних рідин;

- термoeфекти: (тепло) Джоуля – Ленца, Зеєбека, Пельтьє, тепловий запис інформації, ІЧБ, датчики високих температур, перегріта рідина, горіння, напрямлений та не напрямлений вибух, (крио) надпровідність, конденсат Бозе – Ейнштейна, матеріали з запам'ятовуванням форми, нульові коливання;

– хемоефекти – окислення – відновлення, іонізація, каталіз, гальванічні процеси, полімеризація, самоскладання, самовідновлення, переключення електропровідності та інші;

– мікроелектроніка – основні технологічні операції (вакуумні методи нанесення, фотолітографія, мікрозварювання, лазерної, електронної, іонної та плазмової обробки, наноімпринтінг);

– атомно – молекулярні – самореплікація, самоорганізація, самовідновлення, цілеспрямований фізико-хімічний синтез, напівпровідникові ефекти, нульові коливання, конденсат Бозе – Ейнштейна, полімеризація, поліконденсація;

– нові матеріали – матеріали з інтелектуальними властивостями, нові стани речовини (квантові точки, стрижні...), графен, графан, фулерени, ВНТ, пористі кераміки, органічні мало дефектні полімери, ДНК, фотонні кристали, мікроструктуровані оптичні волокна, ферромагнітні рідини, перовскітові плівки.

Аналіз фізико-математичних основ мікромініатюризації компонентів, що входять до складу МЕМС, а також об'єднання в одному чипі (корпусі) пристроїв різної природи: механічних, електричних (електронних), акустичних, оптичних, магнітних, теплових, аеро-, гідро, хімічних та інших взаємодіючих компонентів МСТ (МЕМС, МАЕМС, МОЕМС, МРЕМС) приводять до зміни електрофізичних параметрів систем. Саме цілеспрямована конвергенція (сумісне використання) діючих явищ різної фізичної природи з урахуванням зменшення лінійних розмірів і аналогій фізичних процесів є основним принципом створення компонентів мікросистемних пристроїв.

Зменшення розмірів мікроблоків та їх компонентів ускладнює процеси складання пристроїв. З метою вирішення проблем трудоемності складання та підвищення надійності розробляються основи теорії безскладальних гнучких пристроїв на основі аеро-, гідростатичних, електростатичних, п'єзоелектричних та інших ефектів [3]. Прикладами такої техніки є об'єкти живої природи. Черв'яки, восьминоги, хобот слона та багато інших істот слугують прототипами безскладальних та одночасно надзвичайно універсальних «механізмів» і взірцями для втілення.

Корисною властивістю таких конструкцій є гнучкість, яка використовується для збереження міцності в протилежність звичному для техніки способу зміцнення за рахунок збільшення розмірів, маси, використання надміцних матеріалів тощо. При цьому варіанти використання гнучкості можуть бути різними: гнучкість може бути розподіленою (як у лука для стрільби), гнучкість може бути зосередженою (як у цільній конструкції корпус-плоска пружина-кришка), гнучкість, що забезпечує змінність форми, морфінг (крило літака, човна), аеро- та гідростатичні каркаси, космічні платформи станцій великої площі, платформи морського видобутку нафти, панелі фотоелектричних батарей).

Змінність форми досягається комбінованим використанням перших двох форм гнучкості.

МЕМС конструкції такого типу демонструють надзвичайно високу надійність. Так, пристрій для оптичного перемикачання (фототиристор), який змінює кут повороту дзеркала та напрям світлового сигналу, створено у вигляді монолітного підсилювача руху, спроможного при з'єднанні з електростатичним двигуном забезпечити пересування на 20 мкм. Підсилювач виготовлено з монолітного полікремнію. При випробуваннях на 10^{10} перемикачів не було жодного збою. Слід зазначити, що гнучкість елементів конструкції заощаджує значну кількість матеріалів, які потрібні для виготовлення актуаторів. Це дає можливість використання у конструкції більш якісних матеріалів, наприклад, дорогоцінних металів, що сприяє підвищенню надійності пристроїв.

Гнучкі конструкції з гідростатичним каркасом витискають роботів – змії з рухомих з'єднаними елементами і знайдуть широке застосування в гнучких і безпечних для людини маніпуляторах промислових роботів.

Гнучкі конструкції виготовляються як монолітні структури придатні для масового виготовлення, наприклад, у вигляді рою комах, бджіл, мурашок.

Застосування актюаторів у вигляді множини однотипових або ієрархічно організованих структур дозволить виконувати складні функції навіть з втратою деякої підмножини керованих об'єктів.

Гнучкі безскладальні конструкції в майбутньому займуть в техніці визначне місце.

Висновки. Основним принципом створення МЕМС актюаторів високої ефективності є конвергенція діючих в межах одного пристрою явищ різної фізичної природи з урахуванням зменшення лінійних розмірів елементів та аналогій фізичних процесів. Гнучкі конструкції є ефективним засобом створення МЕМС актюаторів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Семенець В. В. Введення в мікросистемну техніку та нанотехнології. Підручн. для ВНЗ / В. В. Семенець, І. Ш. Невлюдов, В. А. Палагін // Харків.: СМІТ, 2011. 416с.
2. Trimmer, W.S.N. Sensors and Actuators / W.S.N. Trimmer// JSA, Volume 19, Number 3, September 1989, pp. 267–287
3. Кота Сридхар. Конструкции переменной формы /Сридхар Кота// «В мире науки» №7–8, 2014, С. 82–90.

Науковий керівник: Аллаxверанов Рауф Юсіфович, к.т.н., доцент кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки.

УДК 004:67

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ОДНОЧАСНОГО 3D ДРУКУ ДЕКІЛЬКОМА МАТЕРІАЛАМИ

Боклаг Д. К.

Харківський університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14

E-mail: danylo.boklah@nure.ua

Анотація: В даній роботі було розглянуто та описано конструкційні рішення 3D принтерів, що дозволяють одночасно використовувати декілька матеріалів для друку.

Ключові слова: 3-D друк, технологія, 3D принтер, матеріал, система.

TYPES OF TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR 3D PRINTERS THAT PRINT MULTIPLE MATERIALS SIMULTANEOUSLY

D. Boklah

Kharkiv University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, 14 Nauki Ave.

E-mail: danylo.boklah@nure.ua

Abstract: In this paper we have considered and described 3-D printer systems that allow the simultaneous use of several materials for printing.

Keywords: 3-D printing, technology, 3D printer, material, system.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ: На сьогоднішній день 3-D принтери мають велике розповсюдження в багатьох сферах нашого життя, технологія FDM друку відкриває Аможливість виготовлення складних конструкцій за низьку вартість. Сьогодні кожний власник 3-D принтеру має бажання модернізувати свій пристрій. На даний момент є велика кількість способів покращити свій 3-D принтер, одним із способів є встановлення hotend

конструкцій, котра в свою чергу відкриває можливість друкувати декілька матеріалами чи кольорами. Цей варіант модернізації 3-D принтеру надає варіативності друку, не впливаючи на якість вихідного продукту, а навпаки покращую показники якості. В даній роботі розглянуто декілька варіантів технологічного рішення цього питання.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Система для друку трьома різними кольорами під назвою Diamond Hotend. Ця технологія отримала таку назву саме через візуальну схожість с діамантом (рис. 1). Данну систему можна використати в будь-якому 3D принтері с подачею bowden. Diamond Hotend дає можливість друкувати трьома різними пластиками не міняючи пластик в друкувальній головці. Головною особливістю є можливість створювати новий колір, бо при використанні трьох кольорів: жовтого, голубого та пурпурного дозволяє отримати будь-який відтінок.



Рисунок 1 – Екструдер Diamond Hotend

Система Dimond Honted включає три незалежних керованих систем подачі філоментних ліній, котрі об'єднанні в одному соплі діаметром 0.4 мм. В самому соплі пластик нагрівається до температури здатної для дифузії декількох матеріалів. Через те що подача пластика відбувається окремо один від одного, можна регулювати кількість конкретного пластика с тим чи іншим кольором та утворювати бажанні відтінки.

Для повноцінної роботи цієї системою необхідно виготовити додатковий каркас, до якого буде кріпитися охолоджувач, тобто вентилятор. Зазвичай каркас друкується на самому 3-D принтері з надійного пластика, який витримує високу температуру . Повністю зібрана система Dimond Honted зображена на (рис. 2).

Головні переваги Dimond Hotend:

- задекларована можливість друку трьома різними пластиками або різними кольорами;
- можливість створювання нових відтінків;
- мтандартне калібрування друкувальної головки [1].

Недоліки:

– для повноцінного функціонування системи необхідно виготовлення додаткового каркасу;

– програмне забезпечення яке підтримує друк моделі трьома кольорами представлено лише в Prusa;

– відсутність якісного перемішування пластику, отримання нових відтінків є номінальним, на виході ми отримуємо неоднорідний, неоднокольоровий пластик;

– наявність спільної подачі пластику, яка часто-густо забиває інші канали постачання пластику, утворюється пробка.

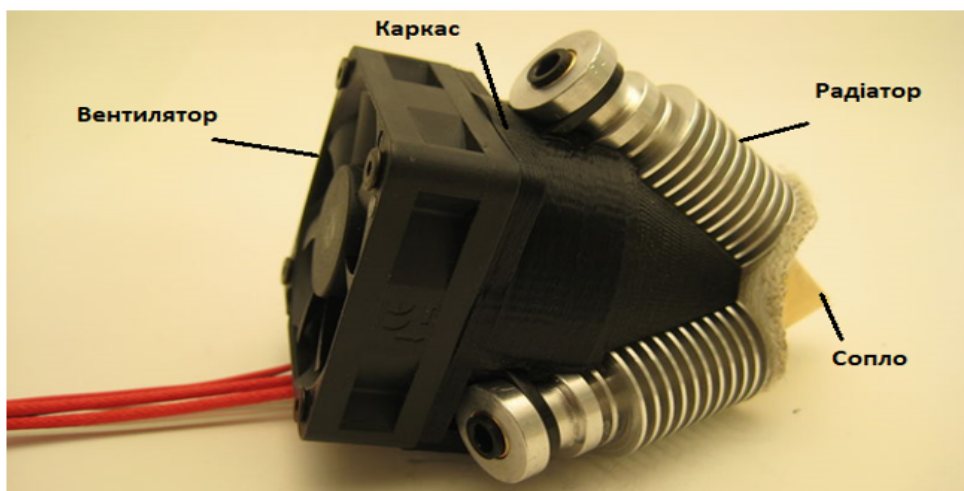


Рисунок 2 – Dimond Hotend

Система Chimera Hotend для 3D принтера є простим і компактним способом модернізації двокольоровим друком. Сама конструкція складається з двох окремих сопел, у яких є своя індивідуальна температура нагріву для кожного пластику. Завдяки цьому, друк може вестися паралельно двома різними матеріалами або одним матеріалом але різних кольорів, забезпечуючи високий рівень друку. Це технологічне рішення дає можливість надрукувати модель різними кольорами не зупиняючи друк на заміну пластику. В свою чергу місце знаходження термобар'єрів можливо регулювати індивідуально один від одного, що робить встановлення систем Chimera Hotend простішим. Охолодження відбувається в даному пристрої завдяки радіатору повітряного типу, який відрізняється високою ефективністю, а компактні розміри дозволяють легко знайти місце в конструкції принтера. В будові корпусу Chimera Hotend використовується алюміній, це дозволило значно знизити його вагу без зменшення міцності (рис 3).

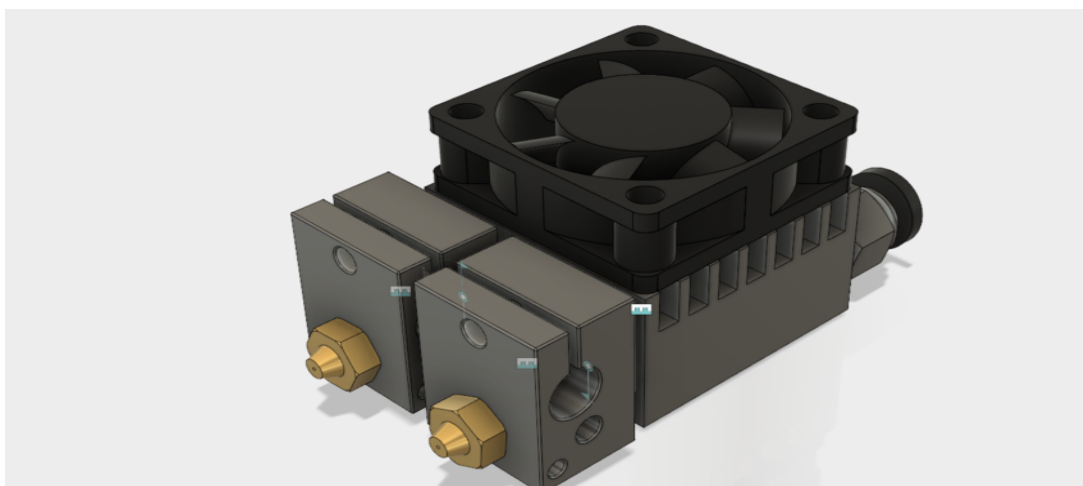


Рисунок 3 – 3-D модель Chimera Hotend

В даній моделі присутньо два окремих сопла які не дають таку різноманітність дій порівняно з DIMOND HOTEND, але в свою чергу він має менші габарити тому позитивно впливає на інерційну складову, що дозволяє друкувальній головці швидше переміщуватися та зменшує час друку, не впливаючи на якість надрукованої моделі.

Переваги Chimera Hotend:

- можливість друку двома соплами на одному екструдері;
- незалежні два сопла які функціонують окремо один від одного[2].

Недоліки:

- два сопла номінально фіксовані на одному рівні, при використанні неякісних компонентів відбувається зміщення сопел, що потребує постійної калібровки;
- підтікання пластика з незадіяного сопла;
- деформація моделі другим непрацюючим соплом.

Changing tool представляє собою систему котра дозволяє використовувати декілька екструдерів, кількість екструдерів залежить на пряму від розмірів самого принтеру, зазвичай встановлюють від 4 змінних екструдерів і більше. Сама названа Changing tool з перекладу нам вказую про заміну інструмента, роль «інструмента» може відігравати друкувальні машинки, лазерний грайвер, чи будь-які ЧПУ інструменти, тим самим дає можливість модернізувати звичайний 3-D принтер в багатофункціональний пристрій. Зазвичай, щоб використовувати цю систему лазерних грайверів необхідні більш великі потужності двигунів та більш міцніші компоненти системи, тому ця технологія в більшості використовується для 3-D друку різними матеріалами та кольорами.

Принцип роботи даного технологічного рішення полягає в тому, що механізм захвату екструдерних головок знаходиться на каретці (рис. 4).

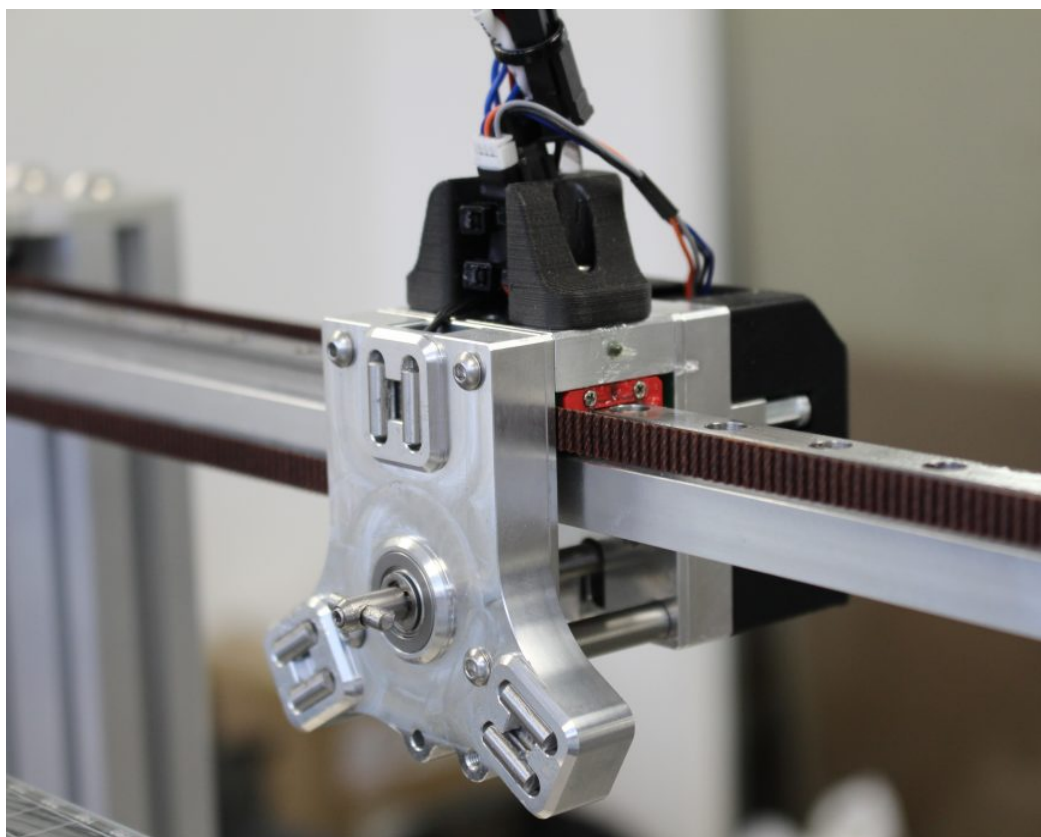


Рисунок 4 – Каретка з захватним механізмом

Самі екструдерні головки (рис. 5) фіксуються на каркасі 3D принтеру. На кожній головці знаходяться механізм замикання. В необхідний момент каретка під'їжджає до потрібної екструдерної головки, та захватує необхідний нам екструдер. В подальшому здійснюється друкування, при потребі друку іншим матеріалом або іншим кольором, каретка повертає екструдер на своє початкове місце, та захватує інший екструдер.

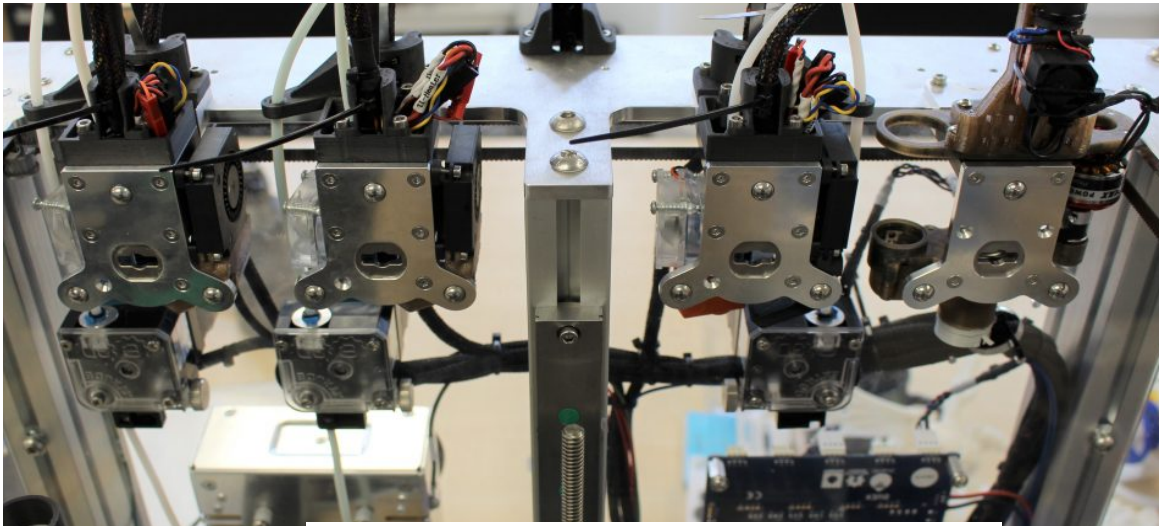


Рисунок 5 – Друкувальні головки з механізмом замиканням

Треба зауважити що дана технологічне рішення підходить не для всіх FDM 3-D принтерів. Така модернізація можлива тільки в 3-D принтерах з кінематикою де каретка переміщується по осям X, Y, а стіл по осі Z. Такими кінематиками є H-BOT, COREXY, MAKERBOT.

Переваги:

- можливість друкування одночасно різними діаметрами сопіл;
- можливість друку різними матеріалами та кольорами;
- відсутність підтікання матеріалів з інших екструдерів[3].

Недоліки:

- складність самої конструкції;
- складність автоматизації системи;
- велика вартість системи.

ВИСНОВКИ: розглянуті технологічні рішення для FDM 3D принтерів мають свої переваги та недоліки, якщо розглядати бюджетний варіант модернізації 3D принтеру, друком різними кольорами, то можна обрати систему Chimera Hotend, він дає змогу друкувати двома різними матеріалами, та дає якість відносно своєї ціни. Якщо розглянути більш надійну та багатофункціональну систему, краще за всього під ці параметрами нам підходить системи Changing tool, вона має більший спектр можливостей, вирізняється своєю надійністю та якістю друку, але в свою чергу її вартість значно більша, порівняно з іншими системами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Diamond Hotend – [Електронний ресурс] Reprap.org. – Режим доступу. – URL: https://reprap.org/wiki/Diamond_Hotend
2. Chimera Hotend – [Електронний ресурс] FILASTRUDER. – Режим доступу. – URL: <https://www.filastruder.com/products/chimera-cyclops>
3. Changing tool – [Електронний ресурс] HACKADAY. – Режим доступу. – URL: <https://hackaday.com/tag/tool-changer>

Науковий керівник: Разумов-Фризюк Євгеній Анатолійович, к.т.н., доцент кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки.

ФУНКЦІОНУВАННЯ СУЧАСНОЇ СИСТЕМИ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОБОЧОГО МІСЦЯ ПЕРСОНАЛУ

Ничипоренко Ю. Ю.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: yuliia.nychyporenko@nure.ua

Анотація: Система сучасного централізованого теплопостачання розповсюджена по великих містах на 90-95%, та відмовляється від їх використання ніхто ні збирається. Але існує проблема в їх модернізації на базі новітніх комп'ютерних технологіях, із використанням сучасних технічних засобів автоматизації, та управління. Тому потрібно зробити аналіз функціонування усіх інженерних систем, та запропонувати пропозиції по їх модернізації.

Ключові слова: централізоване теплопостачання, тепловий пункт, технічні засоби автоматизації, АРМ, оператор.

FUNCTIONING OF THE MODERN SYSTEM OF CENTRALIZED HEAT SUPPLY WITH USE AUTOMATED STAFF WORKPLACE

Y. Nychyporenko

Kharkiv University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, 14 Nauki Ave.

E-mail: yuliia.nychyporenko@nure.ua

Annotation: The system of modern district heating is spread in large cities by 90-95% and no one is going to abandon their use. But there is a problem in their modernization on the basis of the latest computer technologies, using modern technical means of automation and control. Therefore it is necessary to make the analysis of functioning of all engineering systems, and to offer offers on their modernization.

Key words: district heating, heating point, technical means of automation, workstation, operator.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Необхідність обігріву житла і приготування гарячої води для господарсько-побутових потреб стають особливо важливими в умовах суворого клімату, де майже на всій території період з температурою навколишнього повітря нижче 0°C триває близько півроку. Тому для цілей теплопостачання будівель (на опалення, вентиляцію і гаряче водопостачання) доводиться спалювати більше 30% всього видобутого в країні палива.

Найбільш раціонально використовувати паливо-енергетичні ресурси дозволяють системи централізованого теплопостачання, якими охоплені міста та інші крупні населені пункти.

Системи централізованого теплопостачання, крім різновидів і особливостей джерел теплової енергії, розрізняються по виду теплоносія, способу приєднання внутрішніх систем гарячого водопостачання (далі ГВП) і кількості труб для транспортування теплоносія.

Основним видом теплоносія в системах централізованого теплопостачання є гаряча вода з температурою до 150° С і тиском до 25 бар. Пар в якості теплоносія практично не використовується.

Залежно від способу приєднання до теплових мереж система ГВП централізованого теплопостачання може бути реалізовано за закритою схемою (водопровідна вода нагрівається в водяних підігрівачах теплоносієм системи теплопостачання) або по відкритій (вода для цілей ГВС надходить безпосередньо з теплових мереж).

Незважаючи на ряд істотних недоліків відкриті системи теплопостачання функціонують в деяких містах. Разом з тим, в даний час при новому будівництві систем теплопостачання практикується відмова від відкритої схеми, а при реконструкції – планомірний перехід до централізованого приготування гарячої води в підігрівачах теплових пунктів.

Актуальність роботи полягає у модернізації автоматизованого управління технологічними процесами централізованих теплових пунктів.

Мета роботи – проведення аналізу та запропонування пропозицій щодо модернізації автоматизації управління функціонування централізованих теплових пунктів.

Задача роботи: Обґрунтування необхідності модернізації автоматизованої системи управління функціонування централізованих теплових пунктів.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Системи теплопостачання є найбільшим споживачем паливно-енергетичних ресурсів в країні. Від нормального функціонування даних систем залежать умови теплового комфорту в опалювальних будівлях самопочуття людей, продуктивність праці. Випуск якісної продукції на ряді промислових підприємств вимагає суворого дотримання нормованих параметрів мікроклімату. Таким чином, проблема підвищення якості, надійності, економічності теплопостачання має державне значення [1].

Режими теплопостачання як і виробництво теплової енергії, залежать від великої кількості факторів: умов погоди, теплотехнічних якостей опалювальних будівель і споруд, характеристик теплової мережі і джерел енергії. При виборі цих режимів не можна не враховувати функціональних взаємозв'язків системи теплопостачання з іншими системами інженерного забезпечення: електро-, газо-, водопостачання.

В існуючих системах міського теплопостачання використовується централізоване регулювання опалення. Швидкість руху теплоносія, що циркулює в системі опалення, залишається постійною протягом усього опалювального періоду, а інтенсивність опалення регулюється шляхом зміни його температури у відповідності до температури зовнішнього повітря на основі затвердженого температурного графіку.

Система складається з великого числа взаємопов'язаних послідовно і паралельно включених елементів, що володіють різними теплогідравлічними властивостями: ділянки трубопроводів теплової мережі і систем опалення, теплоємні та нетеплоємні зовнішні огорожі будівель, теплообмінні апарати в теплових пунктах, нагрівальні прилади в опалювальних приміщеннях тощо [2].

Для влаштування системи теплопостачання окремого будинку застосовувався блочний вузол. Його вартість досить низька у порівнянні з автоматизованим індивідуальним тепловим пунктом (ІТП), однак за допомогою такого ІТП неможливо здійснювати регулювання температури теплоносія, особливо при перехідних режимах роботи системи. Блочний вузол забезпечує тільки «якісне» регулювання теплоносія, яке полягає у пропорційній залежності температури в системі опалення від температури теплоносія, що поступає від централізованої теплової мережі. Це не дозволяє враховувати індивідуальні особливості кожної будівлі, її графік використання, теплові втрати при різних температурах. Як наслідок, система опалення забезпечує комфортну температуру тільки при одній температурі навколишнього середовища, яка прийнята за базову. За більш низьких температур обігрів помешкань не достатній, а за більш високих – обігрів надлишковий. Це призводить до низької якості стабілізації температури в помешканнях і надлишкових теплових витрат. Цю особливість необхідно відслідковувати кожного разу, коли температура навколишнього середовища переходить через відмітку в 0 градусів.

Ще одна особливість існуючих систем централізованого теплопостачання в тому, що у більшості випадків використовується двотрубна магістральна тепла мережа. Це означає, що по одних і тих же трубопроводах забезпечується подача теплоносія як для систем опалення, так і для систем гарячого водопостачання. Згідно з нормами температура гарячої побутової води не має бути нижче 60°C. Для цього в закритих системах теплопостачання температура теплоносія не повинна знижуватися нижче 70°C. Проте для опалення будівель в

осінньо-весняний період температура теплоносія потрібна значно нижча. Останніми роками все активніше впроваджують системи автоматичного регулювання подачі тепла саме в індивідуальних теплових пунктах. Їх перевагою є автоматичне підтримання параметрів системи опалення, що дозволяє користувачу самостійно задавати тепловий режим опалюваних приміщень, а це суттєво скорочує витрати на теплову енергію. При значному інтересі до розробки і впровадження систем автоматизації теплопостачання методи синтезу систем досить складні.

Впровадження автоматизованих систем управління технологічними процесами в практику теплофікації та централізованого теплопостачання дозволяє різко підвищити технічний рівень експлуатації цих систем і забезпечити значну економію палива. Крім економії палива, автоматизація розглянутих систем дозволяє поліпшити якість опалення будівель, підвищити рівень теплового комфорту і ефективність промислового і сільськогосподарського виробництва в опалювальних будівлях і спорудах, а також надійність теплопостачання при зменшенні чисельності обслуговуючого персоналу [3].

Застосування системи автоматичного програмного регулювання опалення дозволяє здійснювати подальше вдосконалення режиму опалення, наприклад, знижувати температуру повітря в житлових будівлях в нічний час або знижувати відпуск теплоти на опалення промислових і адміністративних будівель в неробочий час, що забезпечує додаткову економію теплоти і створення комфортних умов

Отже розробка системи автоматизації, яка може бути реалізована на управлінні з автоматизованого робочого місця АРМ є основною задачею проведеного аналізу [4].

Також проведений аналіз функціонування централізованих теплових пунктів виявив ще одну особливість – це часткова автоматизація теплопостачання : нагрів води до 150 градусів, та підтримка тиску до 25 бар.

Рішення задачі лежить у площині повної автоматизації управління технологічними процесами, з використанням сучасних АРМ і підготовленого персоналу. Це дозволить побудувати сучасну інженерно-технічну систему на базі новітніх комп'ютерних технологій, та програмного забезпечення. До переваг використання такої системи треба віднести:

- постійний об'єктивний контроль за порядком та терміном виконання технологічних операцій;
- постійний об'єктивний контроль за підтриманням оптимальних параметрів;
- децентралізоване оброблення інформації на робочому місці управлінського персоналу;
- створення персональних БД;
- створення БЗ;
- створення мереж АРМів;
- інтелектуалізація функціонування всього технічного персоналу.

Основний принцип, закладений в АРМ – це проблемна орієнтація комплексу, тобто орієнтація на розв'язання певного класу задач, об'єднаних загальною технологією оброблення інформації, базою даних, єдністю режимів роботи й експлуатації. Кожному класу користувачів відповідає певний тип АРМу, орієнтований на задоволення його функціональних та інформаційних потреб. У ньому основою автоматизації формування і прийняття управлінських рішень є персональні ІС.

Основними характеристиками АРМ є: розвинений діалог з користувачем; високий ступінь автоматизації професійної діяльності користувача, зайнятого обробкою даних; прямі розрахунки за довільним алгоритмом; відображення і документування результатів оброблення інформації; наявність засобів управління БД; оптимізація використання обчислювальних та інформаційних ресурсів; якість інформаційного обслуговування; щільність даних, що циркулюють в інформаційних каналах; рентабельність програм. Кінцевий користувач виконує два види дій: запит потрібної йому інформації та прийняття рішень щодо подальшого оброблення даних. Після прийняття рішення користувач може перейти до наступних дій: коригування даних в БД, виконання розрахунків, вивід інформації

на зовнішні пристрої. Застосування АРМів ліквідує розрив у часі між виробничо-господарським процесом, здобуттям первинної інформації, її обробленням і видачею результатів, що дає змогу активно впливати на процес управління. При цьому успіх управління багато в чому залежить від правильної побудови комунікаційного процесу. АРМ управлінського персоналу розглядається в мережі як комунікаційна одиниця, що функціонує одночасно як джерело, передавач, приймач і споживач інформації. За допомогою ресурсів АРМу управлінський персонал розв'язує свої задачі, а по комунікаційних каналах передає інформацію у відповідні інстанції, в тому числі зовнішні. Обґрунтуванням для встановлення комунікації є потреба в інформації. Комунікації дають змогу підвищити якісний склад інформації для управління. Основними концепціями побудови АРМів є:

АРМ управлінського персоналу – це програмно-технічний комплекс, винесений на робоче місце конкретного управлінського працівника, що дає змогу автоматизувати виконуваним ним функції керування в інтерактивному режимі «користувач – ПК».

ВИСНОВКИ. В роботі проведено аналіз особливостей функціонування існуючих централізованих теплових пунктів, обґрунтування необхідності автоматизації управління технологічними процесами із використанням АРМ.

Обрано напрями подальших досліджень для розробки моделі АРМ, яке буде відповідати приведеним вимогам функціонування сучасного централізованого теплового пункту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пыркoв В. В. Современнeе тепловeе пунктy. Автоматика и регулирование. К.: П ДП «Такі справи», 2008. 252 с.
2. Применение средств автоматизации Danfoss в тепловых пунктах систем централизованного теплоснабжения зданий. Пособие. (Електронний ресурс) <https://www.heating.danfoss.ru/>; 2016. 66 с.
3. Глічев О.В. Види і класифікація моделей систем якості. Монографія. К.: 2009. 352 с.
4. Бурдин В.М., Капитанова Л.Г., Бурдюк І.А. Стаття ООО «СП «Гражданская защита». Автоматизация работы диспетчерской службы предприятий теплоснабжения [Текст]. (Електронний ресурс) http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2528.

Науковий керівник: Іванов Леонід Станіславович, к.т.н. доцент кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки

УДК 004.054; 004.055

МОБІЛЬНИЙ РОБОТ НА RASPBERRY PI 3B+

Скрипкін А. А.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14

E-mail: andrii.skrypkin@nure.ua

Анотація: Мобільні роботи відіграють роль помічників для наукових досліджень і відкриттів. Розвиток мікрокомп'ютерів, одноплатних комп'ютерів і вбудованих систем допомогло розгорнути недорогі рішення для цієї області. У цій статті пропонується така недорога платформа мобільного робота з фіксованим чотириколісним шасі, заснована на Raspberry Pi. Мобільний робот може використовуватися для дослідів в лабораторії.

Ключові слова: мобільний робот, одноплатний комп'ютер, Raspberry Pi, computer vision.

MOBILE ROBOT ON RASPBERRY PI 3B +

A. Skripkin

Kharkiv National University of Radioelectronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av.,14

E-mail: : andrii.skrypkin @nure.ua

Abstract: Mobile works play the role of assistants for research and discovery. The development of microcomputers, single-board computers and embedded systems has helped to deploy low-cost solutions for this area. This article offers such an inexpensive mobile robot platform with a fixed four-wheeled chassis based on the Raspberry Pi. The mobile robot can be used for laboratory experiments.

Key words: mobile robot, single board computer, Raspberry Pi, computer vision.

ВСТУП. Досить велика кількість часу мобільні роботи використовувалися в промисловості, але в даний час вони все частіше використовуються в повсякденному житті. Швидкий розвиток мікроелектроніки, зв'язку, автоматизації, навігації та робототехніки швидко змінило робоче середовище, і тепер мобільні роботи стали частиною сучасного життя.

Мобільний робот – це робот, який може самостійно пересуватися і переміщатися в просторі. Є три великі класи мобільних роботів: перший – це наземні роботи, другий – повітряні, третій – морські. Різноманітність морських дещо менше, ніж в інших випадках. Морські роботи бувають підводні і надводні. Надводні роботи дуже цікаві, це перш за все катера: радіокеровані або з автономним управлінням. Зараз їх найчастіше використовують для охорони кордонів. Різноманітність підводних роботів набагато більше: це і глибоководні занурюються автомати, і всілякі військові роботи-сапери, які звільняють порти від хв, і так далі. Таких роботів дуже багато, вони активно розвиваються [1].

Крім механічного та електронного дизайну, інша важлива частина цієї області пов'язана з алгоритмами, управлінням, виявленням перешкод і їх запобіганням [2].

В даній статті було запропоновано платформу мобільного робота, яка має фіксоване чотириколісне шасі. Платформа була розроблена на базі одноплатного комп'ютера Raspberry Pi і використовує драйвер двигунів L298N для управління ними, а так само використовується відеокамера, для трансляції потокового відео в реальному часі.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ. Для того, щоб розробити мобільного робота, потрібні певні навички у роботі з ОС Linux, потрібно мати навички у програмуванні на мові Python, також потрібна певна матеріальна база. Мобільний робот збирається на платформі від Arduino, усі елементи підключаються до плат за допомогою проводів відповідно до схеми та GPIO.

Raspberry Pi 3B+ має 40-пінкову рейку GPIO (General Purpose Input Output – інтерфейс введення/виведення загального призначення). Але говорити про те, що всі 40-пінів є пінами GPIO некоректно, оскільки 12 з них являють собою піни живлення 3.3В, 5В і загальні піни GND (земля). Також 27 (BCM 0) та 28 (BCM 1) піни використовуються для конфігурації EEPROM для роботи з НАТ-пристроями (Hardware Attached on Top – пристрої поверхового монтажу) і використання цих пінів не рекомендується. Проте вони є повноцінними GPIO-пінами. Фактично виходить, що GPIO-пінів не 40, а 28 [3].

МЕХАНІЧНА СТРУКТУРА МОБІЛЬНОГО РОБОТА. Механічна платформа робота заснована на фіксованому шасі чотириколісною конфігурації з незалежним приводом від чотирьох двигунів постійного струму. Для прямого або зворотного руху шасі всі чотири двигуни наводяться рух одночасно в одному напрямку. Для того, щоб здійснити обертання шасі вліво або вправо, двигуни на одній зі сторін будуть обертатися проти годинникової стрілки.

Структура мобільного робота представлена на рис. 1.

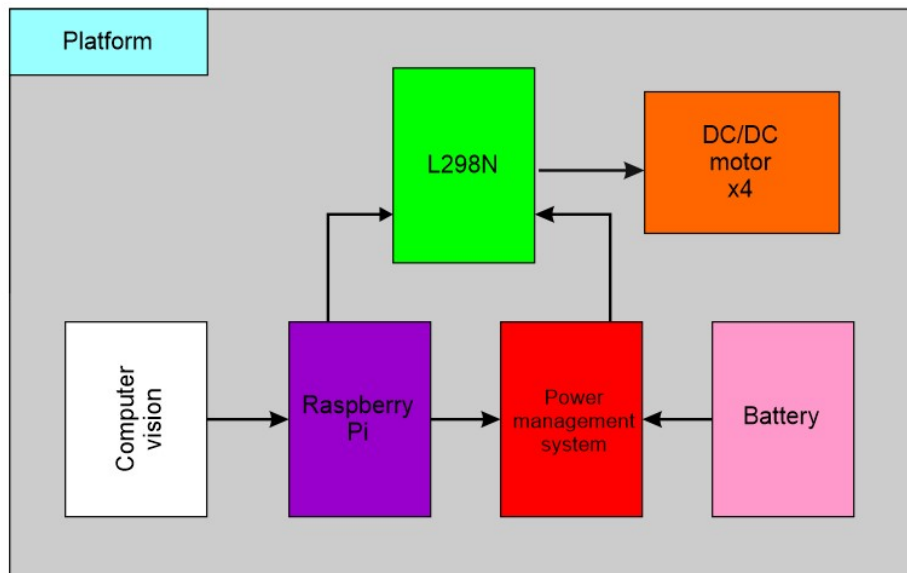


Рисунок 1 – Структурна схема мобільного робота

На верхній пластині шасі робота знаходиться плата Raspberry Pi, підключена до неї відеокамера.

На нижній пластині шасі робота знаходиться система живлення, що складається з чотирьох акумуляторів 18650 (ємністю 5800 mAh, 3,7V), драйвер двигунів L298N і понижуючий перетворювач. Для живлення чотирьох двигунів постійного струму, розташованих під шасі робота, доступні вісім контактів

СИСТЕМА ЖИВЛЕННЯ МОБІЛЬНОГО РОБОТА. Система живлення складається з чотирьох акумуляторів 18650 (ємністю 5800 mAh, 3,7V), драйвера двигунів L298N і понижуючого перетворювача, а так само кнопки для включення або виключення подачі струму в систему.

Структурна схема системи живлення представлена на рис. 2.

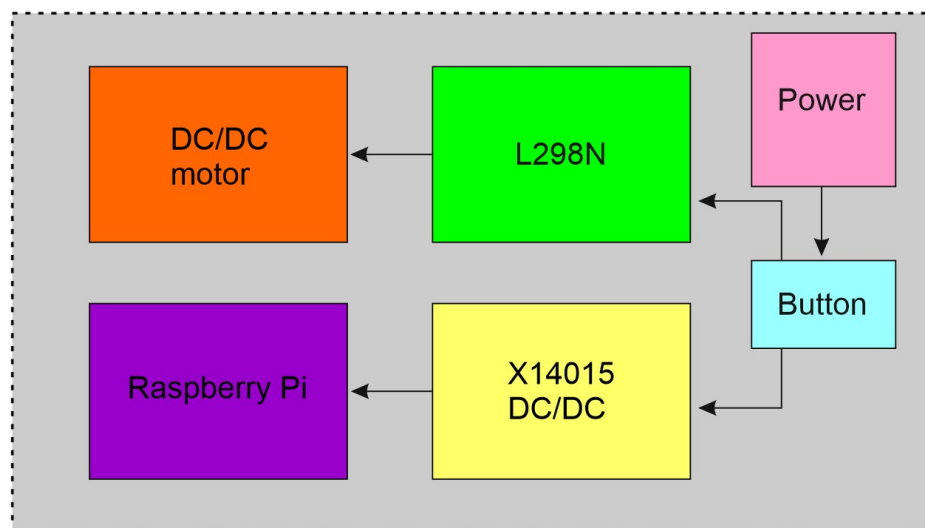


Рисунок 2 – Структурна схема системи живлення

Подача живлення здійснюється через кнопку на драйвер двигунів L298N і понижуючий перетворювач. Драйвер двигунів живить кожен з двигунів. Напруга на двигунах для нормальної роботи має становити від 3 до 6В.

Понижуючий перетворювач потрібен для подачі живлення на Raspberry Pi для того, що б

знизити вхідна напруга для коректної роботи плати, а саме до 5В. В іншому випадку є ризик пошкодити плату, бо при сильно високій напрузі є можливість пошкодити мікросхему захисту живлення, а при сильно низькій напрузі плата буде працювати некоректно.

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ. Raspberry Pi – одноплатний комп'ютер розміром з банківську карту, спочатку розроблений як бюджетна система на навчання інформатиці, але згодом отримав більш широке застосування та популярність.

У даній роботі застосовано Raspberry Pi 3B+, яка має такі характеристики:

- мікроархітектура – Cortex-A53 (ARM v8);
- частота – 1,4 ГГц;
- ядер – 4;
- оперативна пам'ять – 1 ГБ;
- GPIO – 40 пінів;
- 4 порта USB;
- Ethernet – Gigabit через USB2;
- WiFi;
- Bluetooth;

Raspberry Pi працює в основному на операційних системах, що базуються на Linux-ядрі. Також можливе встановлення Windows 10 IOT. Для встановлення операційних систем існує інструмент NOOBS. У даній роботі застосована ОС Raspbian, яка заснована на Debian Wheezy, за допомогою якої управляється мобільний робот. Програмування здійснюється мовою Python [4].

Python – сучасна об'єктно-орієнтована мова. Він найчастіше використовується для програмування GPIO на Raspberry Pi. Python входить до складу операційної системи Raspbian.

NOOBS – це програма, що включає дистрибутиви операційних систем і дозволяє встановити простим і зрозумілим новачкові способом. NOOBS розробляється Raspberry Pi Foundation [5].

Структурна схема системи управління представлена на рис. 3.

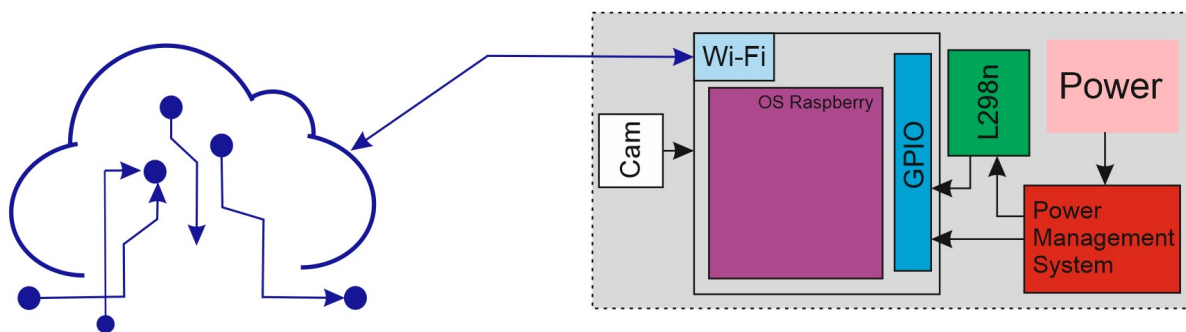


Рисунок 3 – Система управління

База даних (БД) – це упорядкований набір структурованої інформації або даних, які зазвичай зберігаються в електронному вигляді в комп'ютерній системі. БД зазвичай управляється системою управління базами даних (СКБД). Дані разом з СУБД, а також додатки, які з ними пов'язані, називаються системою баз даних, або, для стислості, просто базою даних.

Дані в найбільш поширених типах сучасних баз даних зазвичай зберігаються у вигляді рядків і стовпців формують таблицю. Цими даними можна легко управляти, змінювати, оновлювати, контролювати та організовувати [6].

Система управління (СУ) являє собою сукупність взаємопов'язаних і взаємозалежних елементів, що утворюють впорядковану цілісність, єдність. Основою упорядкування системи управління є, як правило, мета її функціонування [7].

Одним словом, БД і СУ це ті інструменти, за допомогою яких відбувається управління мобільним роботом, а саме виконанню тих чи інших функцій, команд та ін.

Система підтримки прийняття рішень (СППР) – автоматизована система, метою якої є допомога людям, які приймають рішення в складних умовах для повного і об'єктивного аналізу предметної діяльності. СППР виникли в результаті злиття управлінських інформаційних систем і систем управління базами даних. Для аналізу і вироблення пропозицій в СППР використовуються різні методи. Це можуть бути: інформаційний пошук, інтелектуальний аналіз даних, пошук знань в базах даних, міркування на основі прецедентів, імітаційне моделювання, еволюційні обчислення і генетичні алгоритми, нейронні мережі, ситуаційний аналіз, когнітивне моделювання та ін. [8].

ВИСНОВКИ. У даній статті було запропоновано розробку мобільного робота з фіксованою чотириколісною конфігурацією шасі і електронною системою, спроектованої на основі Raspberry Pi. Мобільна платформа відповідає деяким основним вимогам до дизайну для цього етапу розробки, будучи недорогим, високонадійним і розширюваним рішенням, який використовується в навчанні або для дослідів в лабораторії, а також в дослідницькій діяльності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Классификация мобильных роботов [Електронний ресурс]: <https://postnauka.ru/video/34424>
2. Stelian-Emilian Oltean, Mobile Robot Platform with Arduino Uno and Raspberry Pi for Autonomous Navigation// The 12th International Conference Interdisciplinarity in Engineering.
3. Кравченко Виктор, Raspberry Pi 3: GPIO (#1) — введение [Електронний ресурс]: http://codius.ru/articles/Raspberry_Pi_3_GPIO_введение
4. Що таке Raspberry Pi [Електронний ресурс]: https://ru.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi
5. Raspberry Pi для начинающих [Електронний ресурс]: <http://edurobots.ru/raspberry-pi-dlya-nachinayushhix/>
6. Что такое база данных [Електронний ресурс]: <https://www.oracle.com/ru/database/what-is-database/>
7. Система управления [Електронний ресурс]: https://studme.org/42615/menedzhment/sistema_upravleniya
8. Что такое СППР [Електронний ресурс]: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1133227>

***Науковий керівник:** Євсєєв Владислав В'ячеславович, д.т.н., професор кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки*

УДК 681:324

ПІДСИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЕКТУВАННЯ ГВИНТОКОЛІСНИХ МЕХАНІЗМІВ

Хобот М. В.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: maksym.khobot@nure.ua

Анотація: Розроблено засіб підтримки прийняття рішень для автоматизації проектування гвинтоколісних механізмів. З його використанням було автоматизовано процес розрахунку механічних модулів, досліджено параметри механічного модуля гвинтоколісного суматорного механізму та проаналізовано характеристики існуючих аналогів цього механізму. Практичне використання розробленого засобу дозволяє автоматизувати процеси виконання розрахунків і дослідження роботи гвинтоколісних механізмів.

Ключові слова: проектування, гвинтоколісний механізм, прийняття рішень.

DECISION SUPPORT SUBSYSTEM FOR AUTOMATION TECHNOLOGY OF SCREW WHEEL MECHANISM DESIGN

M. Khobot

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av., 14

E-mail: maksym.khobot@nure.ua

Annotation: A decision support tool has been developed to automate the design of propeller mechanisms. Using it, the process of calculation of mechanical modules was automated, the parameters of the mechanical module of the helical adder mechanism were investigated and the characteristics of the existing analogues of this mechanism were analyzed. Practical use of the developed means allows to automate processes of performance of calculations and research of work of propeller mechanisms.

Key words: design, propeller mechanism, decision making.

В умовах ринкової економіки та активної конкуренції особливу гостроту для виробничих підприємств набуває проблема регулярного оновлення продукції, швидкого її проектування і підготовки її виробництва. З цією метою все ширше застосовуються Continuous Acquisition and Life-Cycle Support (CALC)-технології [1]. Основними компонентами CALC-технологій є:

інструментальний комплекс технічних і програмних засобів автоматизованого проектування виробів (CAD – Computer Aided Design, САПР); системи автоматизації технологічної підготовки виробництва (CAM – Computer Aided Manufacturing, АСТПВ); системи інженерного аналізу (CAE – Computer Aided Engineering, АСНД); засоби реалізації технології паралельного тотального проектування в режимі групового використання даних (Concurrent Engineering); системи управління проектними й інженерними даними (EDM – Enterprise Data Management); системи візуалізації всього процесу розробки документації; засоби обміну даними; засоби розробки прикладного програмного забезпечення; методики аналізу процесів проектно-технологічної, виробничої й управлінської діяльності.

Переходу до CALC-технологій сприяв успіх CAD/CAM індустрії в об'ємному проектуванні, генерації точних траєкторій механообробки, ефективному одержанні креслень, створенні систем управління даними [2]. Сучасні системи автоматизації проектування (САПР) автоматизують весь спектр конструкторсько-технологічних задач, що дозволяє: підвищувати якість продукції, що випускається; скорочувати терміни розробки нових виробів і розширювати асортимент продукції, що випускається; скорочувати виробничі цикли.

Впровадження сучасних інтегрованих САПР докорінно змінює концепцію проектування та виробництва [3–4]. В основі нового підходу лежить створення електронної моделі виробу і принципи спільної роботи колективу розробників у єдиному інтегрованому середовищі.

Створення нової техніки в машинобудуванні відбувається в такій послідовності: на основі аналізу продукції проектується нова, що володіє більш високими естетичними, експлуатаційними або іншими властивостями, потім проводяться інженерні розрахунки та моделювання, технологічна підготовка виробництва, виготовлення та збут виробу. При цьому реалізується замкнутий цикл, так як проектування нового виробу виконується на базі аналізу ринку і даних про ефективність, надійність і збут товарів, що випускаються.

В автоматизованих і роботизованих виробництвах широко використовуються численні механізми, зокрема, гвинтоколісні суматорні механізми. Суматорні механізми застосовуються для складання рухів [5]. Вони об'єднують два кінематичні ланцюги, що з'єднують різні початкові ланки з одним і тим же кінцевим. Підсумовування рухів,

наприклад, має місце: якщо один і той же робочий орган отримує рух від двох двигунів або інших джерел руху; якщо потрібно отримати нерівномірний рух вузла, заданий певним законом; якщо потрібно забезпечувати точну настройку кінематичних ланцюгів, наприклад, до основного руху додається додаткове від коригуючого пристрою. Додатковий рух в такому випадку виправляє кінематичні похибки елементів, що забезпечують основний рух. Для цього може бути застосована гвинтова передача в якій швидкість (або величина) переміщення гайки уздовж осі обертового гвинта коригується при повороті гайки в ту чи іншу сторону.

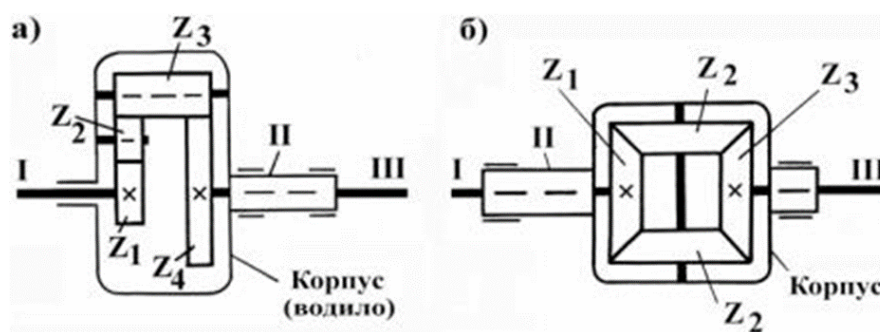
Сумування рухів може здійснюватися рейковою передачею, якщо обертаюча шестерня буде отримувати і за рахунок переміщення рейки, і за рахунок переміщення шестерні уздовж рейки. В якості суматорних механізмів використовується ще ряд передач і пристроїв [6].

Їх проектування здійснюється з використанням технологій MCAD (Mechanical Computer-Aided Design). Об'єктами проектування є підсумовуючі пристрої, які називаються диференціальними механізмами з циліндричними і конічними диференціалами. У них рухи від валів I і II підсумовуються на валу III. У зв'язку з цим необхідно знати передавальні відношення механізму від валу I до валу III: $iI \rightarrow III$, і від валу II до валу III: $iII \rightarrow III$. Їх можна визначити за формулою Вілліса або за правилом Свампа.

Скористаємося правилом Свампа й проаналізуємо окремо два варіанти дії того й іншого механізму:

- коли вал I веде, а вал II нерухомий. Необхідно визначити $iI \rightarrow III$ і в яких напрямках обертаються вали I і III;
- коли вал II веде, а вал I нерухомий. Необхідно визначити $iII \rightarrow III$ і в яких напрямках обертаються вали I і III.

У циліндричному диференціалі (рис. 1) рух від валу I до валу III передається колесами Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 . Вал II з'єднаний з корпусом (водилом) механізму, в якому ексцентрично встановлені колеса Z_2 і Z_3 (сателіти). В результаті при повороті корпусу колесо Z_2 , переміщуючись по радіусу щодо осі центрального колеса Z_1 , повертається і навколо власної осі. Це обертання через сателіт Z_3 і центральне колесо Z_4 передається валу III.



а – з циліндричними диференціалами; б – з конічними диференціалами
Рисунок 1 – Схеми суматорних механізмів

Отже, передавальне відношення від валу I до валу III

$$iI \rightarrow III = \frac{Z_1 Z_2 Z_3}{Z_2 Z_3 Z_4} = \frac{Z_1}{Z_4}. \quad (1)$$

При цьому вали I і III обертаються в різних напрямках. Для визначення передавального відношення від валу II до валу III: $iII \rightarrow III$ уявімо, що весь механізм як жорстка ланка

повернута на один оберт (+1), а потім вал I повернений назад (-1) і при цьому повернення валу III здійснює поворот згідно з передавальним відношенням $i_{II \rightarrow III}$. Очевидно, що за один оберт валу II вал III здійснює $1 + \frac{Z_1}{Z_4}$ обертів, і, отже, передавальне відношення

$i_{II \rightarrow III} = 1 + \frac{Z_1}{Z_4}$. При цьому вали II і III обертаються в одному напрямку.

У кінцевому диференціалі (рис. 1) рух від валу I до валу III передається колесами Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 . Вал II з'єднаний з корпусом механізму, встановлені сателіти Z_2 . При повороті корпусу диференціала колеса Z_2 , переміщуючись щодо центрального колеса Z_1 , повертаються і навколо власної осі. Це обертання через центральне колесо Z_3 передається валу III.

Скористаємося правилом Свампа:

- передавальне відношення від валу I до валу III: $i_{I \rightarrow III} = \frac{Z_1 Z_2}{Z_2 Z_3} = 1$, так як $Z_1 = Z_3$.

При цьому вали I і III обертаються в різні боки;

- аналогічно зазначеному вище: таким чином $i_{II \rightarrow III} = 2$. При цьому вали II і III обертаються в одному напрямку.

Механізми мають своє призначення й у кінематичних ланцюгів. Кінематичний ланцюг – це пов'язана система об'єктів, що утворюють між собою кінематичні пари (рис 2). Кінематична пара – це з'єднання двох ланок, що забезпечує певний відносний рух. Для всіх кінематичних пар необхідний постійний контакт між їх елементами, це досягається або за допомогою певних зусиль, або наданням елементів певної геометричної форми.

До особливих механізмів кінематичних ланцюгів можна віднести:

- сумуючі (диференціальні) механізми;
- реверсивні механізми;
- механізми обгону;
- механізми періодичної дії;
- механізми управління кінематичними ланцюгами.

Важливо зауважити, що для підсумовування руху на одній ланці кінематичного ланцюга деяких верстатів вводять спеціальні механізми: гвинтові і черв'ячні передачі, диференціали з циліндричними і кінчними зубчастими колесами.

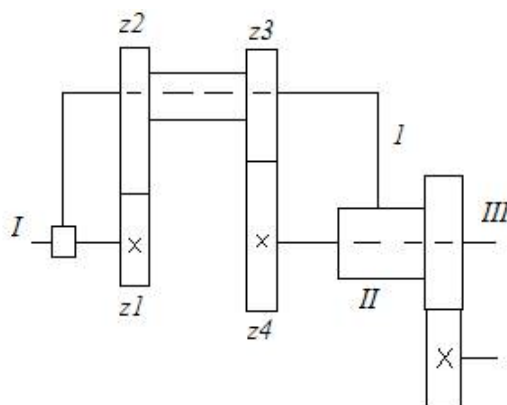
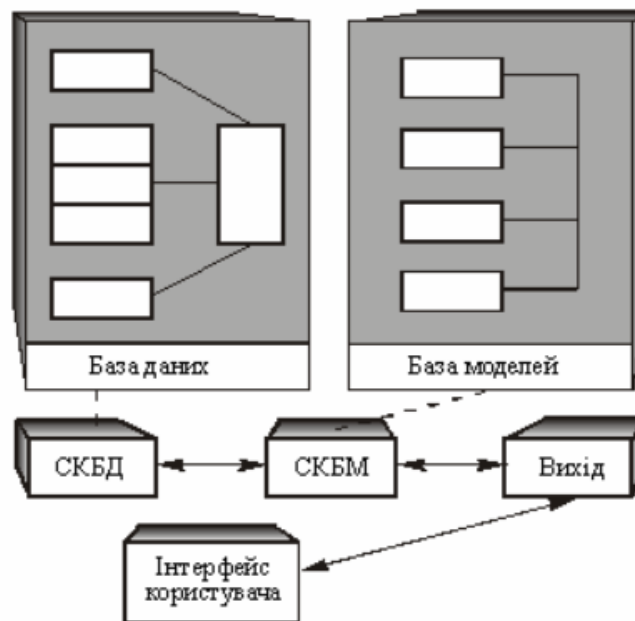


Рисунок 2 – Кінематична схема диференціального механізму, що складається з циліндричних коліс

На валах I і III жорстко встановлені зубчасті колеса Z_1 і Z_4 . Порожній вал II має водило, в яке вмонтований сателітний вал 1 з колесами Z_2 і Z_3 . Рух будь-яких двох валів може

підсумовуватися на третьому валу. Найбільш часто в практиці машинобудування і верстатобудування підсумовуються обертанні валів I і III.

Одним з найважливіших складових CAD-систем і, зокрема, MCAD є системи (підсистеми) підтримки прийняття рішень (СППР). Підсистеми підтримки прийняття проектних рішень є інтерактивними системами, які забезпечують користувачеві-проектувальнику легкий доступ до моделей і даних для того, щоб підтримати процес прийняття проектно-конструкторських рішень. До складу СППР включається три головні компоненти: інтерфейс користувача, підсистема керування базою даних і підсистема керування базою моделей (рис. 3) [7].



СКБД – система керування базою даних; СКБМ – система керування базою моделей

Рисунок 3 – Структура системи підтримки прийняття рішень

З використанням описаних методик було розроблено засіб підтримки прийняття рішень для автоматизації проектування гвинтоколісних механізмів різного призначення. З його використанням було досліджено параметри механічних модулів на прикладі модулю гвинтоколісного суматорного механізму, проаналізовано існуючі аналоги цих механізмів, а також проведено дослідження розрахунків механічних модулів. Практичне використання розробленого засобу дозволяє автоматизувати процеси виконання розрахунків і дослідження роботи гвинтоколісних механізмів, що, в свою чергу, дозволяє підвищувати точність, зменшувати час виконання розрахунків і дослідження їх роботи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Нефьодов Л. І., Невлюдов І. Ш., Безкоровайний В. В. CALS-технології і системи. Харків: ХНУРЕ, 2021. 272 с.
2. Черепашков А. А., Букатин А. В. Учебное виртуальное предприятие на платформе комплекса решений АСКОН (разработка и внедрение). СП-б.: ЗАО АСКОН, 2013. 144 с.
3. Норенков И. П. Основы автоматизированного проектирования: учеб. для вузов. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. 430 с.
4. Берлинер Э. Актуальность применения САПР в машиностроении. URL: <https://sapr.ru/article/7837.5>. (дата звернення 10.11.2021).
5. Механизмы, суммирующие движение. URL: <https://studfile.net/preview/8163440/page:2/> (дата звернення 12.11.2021).

6. Рошин Г. И. Несущие конструкции и механизмы РЭА. М.: Высшая школа, 1981.
7. Системи підтримки прийняття рішень. URL: <http://ubooks.com.ua/books/00013/inx13.php> (дата звернення 15.11.2021).

Науковий керівник: Безкорвайний Володимир Валентинович, д.т.н., професор кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки.

УДК 658.512

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ ВИРОБУ НА ОСНОВІ СКЛАДАЛЬНО-ОРІЄНТОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ

Шевченко М. П., Здорик Н. В.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: mykola.shevchenko1@nure.ua, nikita.zdoryk@nure.ua

Анотація: Сучасне приладобудування характеризується широким спектром проектних робіт, складністю конструкції, стислими термінами виконання замовлень, посиленням конкурентної боротьби на ринку. Все це змушує проводити роботи на сучасному технічному рівні, тому конструювання, аналіз, технологічна підготовка виробництва здійснюється з використанням інтегрованих систем автоматизованого проектування (САПР). Завдання впровадження САПР полягає не в тому, щоб скоротити терміни і витрати при проектуванні і технологічній підготовці виробництва, а також підвищити якість виробів. На стадії проектування важливо, по можливості, скоротити число ітерацій і викликаних ними переробок конструкції, відмовитися від частини натурних випробувань і макетування. На стадії технологічної підготовки комп'ютерна технологія повинна забезпечити скорочення термінів і витрат за рахунок можливості створювати оснащення, не чекаючи повного закінчення процесу проектування, за рахунок виключення проміжних носіїв геометрії і ручного доведення, за рахунок підвищення точності і забезпечення взаємозамінності. Таких результатів можна досягти тільки в тому випадку, коли система забезпечує взаємодію всіх учасників в єдиному, організованому, доступному і достовірному інформаційному просторі, коли система дає можливість працювати в зовсім новому режимі комп'ютерної технології.

Ключові слова: системи автоматизованого проектування, життєвий цикл виробу, прототипування, 3D-модель

ANALYSIS OF METHODS OF IMPROVING PRODUCT TECHNOLOGY ON THE BASIS OF ASSEMBLY-ORIENTED DESIGN

M. Shevchenko, N. Zdoryk

Kharkiv National University of Radioelectronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av.,14

E-mail: mykola.shevchenko1@nure.ua, nikita.zdoryk@nure.ua

Annotation: Modern instrumentation is characterized by a wide range of design work, complexity of construction, short deadlines for orders, increasing competition in the market. All this forces to carry out works at the modern technical level, therefore designing, the analysis, technological preparation of production is carried out with use of integrated systems of the automated designing (CAD). The task of implementing CAD is not to reduce the time and cost of design and technological preparation of production, as well as improve the quality of products. At the design stage, it is important, if possible, to reduce the number of iterations and the resulting

redesigns of the structure, to abandon part of the field tests and layout. At the stage of technological preparation, computer technology should reduce time and costs by being able to create equipment without waiting for the complete completion of the design process, by eliminating intermediate carriers of geometry and manual adjustment, by increasing accuracy and interchangeability. Such results can be achieved only if the system ensures the interaction of all participants in a single, organized, accessible and reliable information space, when the system allows you to work in a completely new mode of computer technology.

Key words: computer-aided design systems, product life cycle, prototyping, 3D model

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Створення деталей радіоелектронного приладобудування – тривалий процес проектування, що складається з декількох стадій і послідовних наближень до остаточного варіанту, дорогий цикл технологічної підготовки виробництва. У цьому процесі бере участь безліч різних фахівців – керівників, конструкторів, технологів. І завдання впровадження комп'ютерної технології проектування виробництва полягає не в тому, щоб скоротити терміни і витрати при проектуванні і технологічній підготовці виробництва, а також і підвищити якість виробів [1, 2].

На сьогоднішній день, одним з найбільш ефективних інструментів скорочення затрат, пов'язаних із складальним виробництвом, є використання методів підвищення технологічності виробу на основі складально-орієнтованого проектування його конструкції.

Наразі методи аналізу конструкцій здебільшого існують у вигляді автономних процедур, які не повною мірою використовують існуючі моделі складального виробу і процесів складання і є орієнтованими на отримання початкових і проміжних даних від людини, що не відповідає сучасній концепції автоматизації та інтеграції засобів підтримки життєвого циклу виробу.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Сучасні підприємства не зможуть конкурувати на світовому ринку, якщо вони не будуть випускати нову продукцію високої якості, низької вартості і за короткий термін. Тому вони намагаються використовувати широкі можливості пам'яті комп'ютерів, їх високу швидкість і можливості зручного графічного інтерфейсу для того, щоб автоматизувати і пов'язати між собою задачі проектування і виробництва, які раніше були досить складними, тривалими і зовсім не пов'язані між собою. Для цієї мети широко використовуються технології автоматизованого проектування (computer-aided design – CAD), автоматизованого виробництва (computer-aided manufacturing – CAM) і автоматизованого конструювання чи розрахунків (computer-aided engineering – CAE).

Сучасні САПР дозволяють контролювати та керувати усіма етапами життєвого циклу виробу (рис. 1) [3].

Для підвищення ефективності технологічних процесів виробництва деталей радіоелектронного приладобудування часто застосовують високопродуктивне допоміжне обладнання [4] для скорочення часу складання. Це є достатньо дорогим методом, адже тип і кількість необхідного обладнання залежить від конструктивності кожного виробу [5].

Для забезпечення високої продуктивності складання, автоматизовані жорстко блоковані лінії доцільно застосовувати при числі складальних позицій не більше 12 ... 16. При більшій кількості позицій рекомендують створювати між операційні доробки або використовувати несинхронний транспорт, забезпечуючи кожній позиції незалежну роботу зі своїм тактом [5].

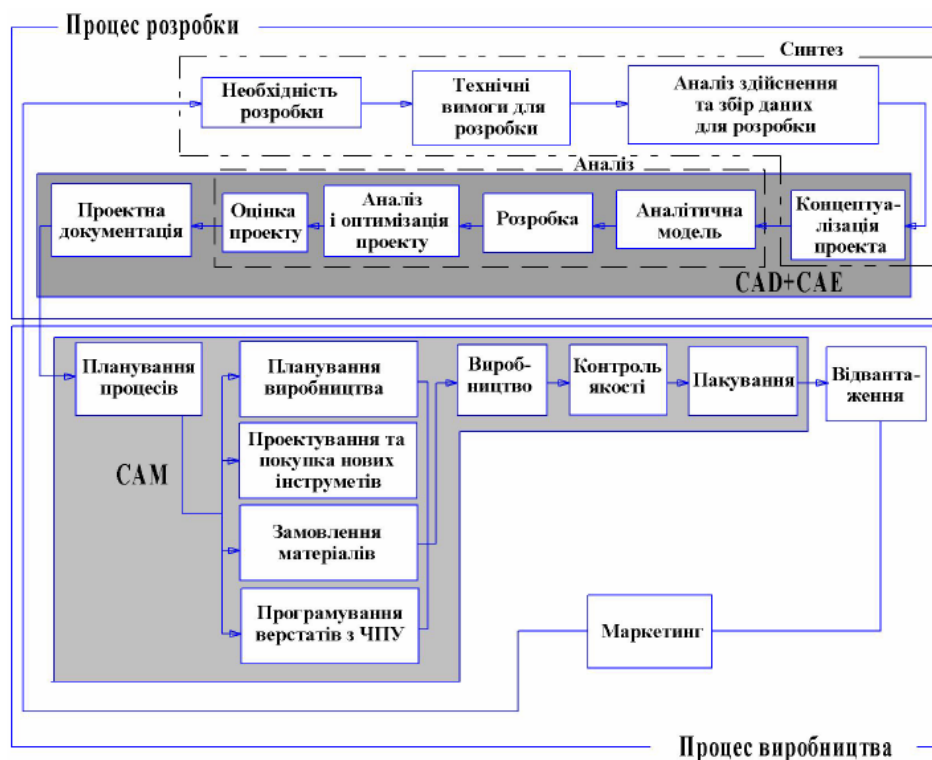


Рисунок 1 – Життєвий цикл виробу

Тому одним з головних напрямків відпрацювання конструкції виробу на технологічність є її спрощення за рахунок скорочення кількості деталей, заміни з'єднань, важких у виконанні для механізованого складання. Конструкція виробу повинна передбачати зручність її збирання та розбирання (ремонтпридатність). Для цього, перш за все вона повинна розділятися на складові частини (складальні одиниці), збірку яку можна зробити відокремленою і самостійно на окремих складальних ділянках або роботизованих складальних комплексах. Якщо механізми виробу є одночасними і його складовими частинами, то перед подачею на загальну збірку вони проходять контроль і випробування, що усуває появу дефектів на загальній збірці і підвищує якість виробу. Використання уніфікованих стандартних деталей і складових частин не тільки скорочує трудомісткість і вартість їх виготовлення, а й веде до скорочення номенклатури складального обладнання та інструменту. Так, число автоматичних складальних позицій, їх конструктивне виконання і складність залежить від уніфікації елементів виробу, що збирається [5].

Якщо мова йде про незалежне з'єднаннях, яке можна виконувати в будь-якій послідовності, то коефіцієнт повторюваності характеризує можливість застосування багатопшпіндельних складальних позицій. При цьому число останніх буде залежати від раціонального розташування цих з'єднань у виробі: відстань між ними має дорівнювати або більше мінімального допустимого відстані між осями виконавчих складальних механізмів.

Якщо складальний виріб має повторювані залежні з'єднання, що виконуються в певній послідовності і окремо в часі, так як між ними встановлюються інші деталі, то коефіцієнт повторюваності характеризує число однакових складальних позицій в лінії. Витрати на підготовку виробництва і проектування таких позицій скорочується [4, 5].

У роботизованих складальних комплексах коефіцієнт повторюваності характеризує скорочення типорозмірів захватних подають пристроїв, виконавчих механізмів і часу на їх заміну.

Застосування уніфікованих елементів і складових частин конструкції дозволяє застосовувати типові стандартне складальне обладнання, вартість якого набагато нижче.

При розробці оригінального складального автоматичного обладнання витрати на його проектування, виготовлення дослідних зразків і налагодження зростає в 1,8 ... 2,0 рази.

Для досягнення необхідної точності взаємного положення елементів виробу, що збирається слід поєднувати складальні бази з технологічними і вимірювальними базами. Базова деталь виробу повинна мати технологічну базу, що забезпечує достатню стійкість зібраного об'єкта. Вкрай бажаним для автоматичного складального процесу є зміна технологічних баз виробу, що збирається, так як це вимагає не тільки кантування зібраного об'єкта, а й часто створення нових складальних пристосувань і розчленування лінії на ділянки зі своїми транспортними системами і приводними станціями. Це не тільки збільшує вартість складальних робіт, але і призводить до зниження точності складання [4].

Для дотримання принципу взаємозамінності доцільно уникати багатоланкових розмірних ланцюгів, які звужують допуски на розміри складових ланок. Якщо скоротити число ланок неможливо, то в конструкції виробу слід передбачити жорсткий або регульований компенсатор. В цьому випадку необхідну точність вихідного (замикає) ланки легко забезпечити побором або приганянням жорсткого компенсатора або установкою на необхідний розмір регульованого компенсатора. При автоматичному виконанні складання виробу і його складових частин необхідно, щоб точність замикаючої ланки складальної розмірної ланцюга забезпечувалася методом повної взаємозамінності. Виконання пригоночних робіт, як правило, неприпустимо. Проведення регульовальних робіт, розборок і повторних збірок вимагає ручних операцій і знижує рівень автоматизації збирання.

З'єднання, що виконуються методом групової взаємозамінності (селективна складання) автоматично здійснювати можна, але зі збільшенням капітальних витрат на 10 ... 15%, так як потрібно 100% -ний контроль поверхонь, що сполучаються деталей, що збираються. Для цього складальні лінії необхідно оснастити контрольними автоматами, а позиції – додатковими вібробункерами і подають пристроями з системою адресування.

У випадках, коли за умовами складання необхідно забезпечити певний і єдино можливий стан зібраних елементів у виробі, передбачають установчі позначки, контрольні штифти, несиметричне розміщення кріпильних деталей. Для розбирання виробу при його обслуговуванні та ремонті необхідно передбачити зручне застосування знімачів, різьбові отвори для віджимних гвинтів, рим-болти і виступи для захоплення і підйому важких деталей. При конструюванні виробу необхідно забезпечити можливість зручного підведення високопродуктивних механізованих і автоматизованих складальних інструментів до місця сполучення деталей.

При виконанні з'єднань з зазором і натягом, а також різьбових з'єднань необхідно мати західні фаски на торцях поверхонь, що сполучаються, а також напрямні елементи (пояски і розточення) для поліпшення умов збирання. Наявність фасок і напрямних елементів на торцях поверхонь деталей дозволяє за допомогою спеціальних складальних виконавчих механізмів і пристосувань компенсувати наявні на складальній позиції похибки. Похибки взаємного положення поверхонь, що сполучаються можуть бути лінійні і кутові похибки. Це істотно підвищує рівень механізації і автоматизації складальних процесів.

При конструюванні виробів радіоелектронного приладобудування, мехатронних пристроїв або складних інтегрованих систем, часто створюються елементи системи, які в загальному випадку є базовими і повторюваними від проекту до проекту, але, незважаючи на це, щоразу розробникам доводиться їх реалізувати заново [5]. Все це не тільки забере час, але й відволікає увагу від функціональної частини пристрою. Саме з цієї причини постійно здійснюється пошук рішень для конструктора, що дозволяє спростити завдання створення прототипів технічних пристроїв з електронною та програмною складовою [5].

На сьогоднішній день налагодження будь-якого виробництва потребує нових підходів, врахування додаткових факторів при виборі обладнання та технологій. Так, крім звичних

показників продуктивності, якості та безпеки, враховуються додаткові вимоги до оптимізації виробництва з точки зору енергоефективності та екологічності. Складно-профільні об'ємні вироби, до яких відносяться захватні пристрої маніпуляторів мобільних роботів, характеризуються не тільки складністю рельєфу окремих елементів цих виробів, а й наявністю найрізноманітніших за формою і розмірами внутрішніх каналів, переходів, з'єднань і т.п. Їх виготовлення в даний час базується на створенні прототипів (прототипуванні). Прототипи, зазвичай, реалізують тільки частину потрібної функціональності, або не відповідають усім вимогам до кінцевого виробу, щоб прискорити процес їх створення. Використання прототипів дозволяє, по-перше, виявити можливі недоліки та виправити їх на ранніх стадіях розробки, а по-друге, скорегувати подальші плани розробки, в залежності від змін у вимогах проекту, які можуть бути сформульовані на основі випробувань прототипу. При такому підході розробка ведеться ітеративно, що додає гнучкості процесу. Загалом це пришвидшує цикл розробки кінцевого продукту та дозволяє зменшити час потрібний для завершення проекту, що є вигідним при дрібносерійному виробництві та виробництві у високо конкурентних галузях промисловості.

Технології прототипування передбачають вирішення цілого ряду завдань із передачі (експорту) цифрової, конструкторської та технологічної документації на етапах цифрового виробництва. Питання забезпечення сумісності форматів даних у рамках єдиного інформаційного простору підприємства є першочерговими [6]. У будь-якому виробництві основними факторами є продуктивність, вартість та якість продукції.

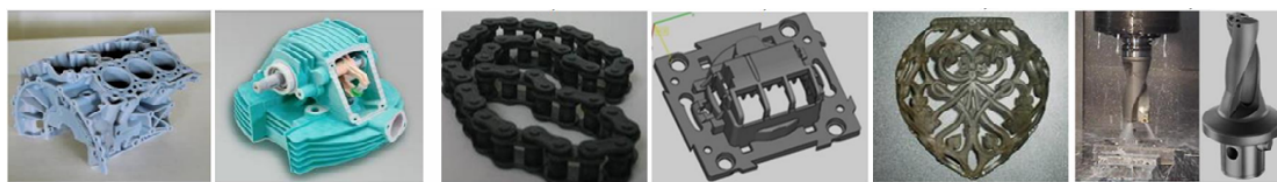
Аналіз складних конструкцій показує, що в загальному випадку, незалежно від функціонального призначення, їх можна класифікувати на цілісні і складові. Складні вироби складаються з окремих елементів, які з'єднуються між собою, утворюючи нерухомі і рухомі з'єднання. Загальним для обох видів з'єднань є те, що вони складаються з окремих елементів, кожен з яких має свій профіль.

Використання сучасних інформаційних технологій дозволяє в залежності від серійності випуску, матеріалу і конструкції виробу, технологічних можливостей виробника вибрати той чи інший метод виготовлення складно-фасонних об'ємних виробів.

Основними методами отримання складно-профільних об'ємних виробів або їх заготовок є:

- лиття;
- штампування;
- пресування (методи порошкової металургії);
- швидке прототипування;
- швидке виробництво;
- механічна обробка різанням на верстатах з числовим програмним управлінням (ЧПУ).

У кожного з наведених методів існують різні способи виготовлення, які, головним чином, визначаються видом обладнання, на якому виготовляється виріб (заготовок). Як правило, для отримання виробу з регламентованої точністю, на початку виготовляють одним з розглянутих методів фасонну об'ємну заготовку, яку наступною механічною обробкою на верстатах з ЧПУ перетвореної в готовий виріб (рис. 2, е, г). Якщо виріб складений, то потрібно подальша збірка окремих елементів (рис. 2, в, е). Вироби, де точність не регламентована (рис. 2, д), теоретично можна виготовляти будь-яким з розглянутих методів. Вибір методу залежить від конструкції виробу, програми випуску, тривалості виробництва виробу і технологічних можливостей виробника. Аналіз особливостей розглянутих методів виготовлення показує, що основою для отримання складно-профільних об'ємних виробів будь-яким методом є їх 3D-модель [7].



а) – блок циліндру; б) – гідрообладнання; в) – цеп; г) – корпус; д) – ажурний виріб; е) – ріжучий інструмент

Рисунок 2 – Приклад складних об'ємних виробів [7]

Технології швидкого прототипування в основі мають фізичні моделі, які будуються за даними тривимірного комп'ютерного моделювання (CAD). Ці моделі, в свою чергу, можуть створюватися безпосередньо в пакетах тривимірного моделювання, а також за даними комп'ютерної томографії (СТ), магнітно-резонансного сканування (MRI), за результатами вимірювань на координатновимірювальних машинах. Тривимірною комп'ютерною моделлю, перетвореною у формат STL (стандартний формат, використовуваний усіма типами установок швидкого прототипування), спочатку «розрізається» комп'ютером на тонкі площини поперечних перерізів (рис. 3). Ці перетини надсилаються комп'ютером на установку швидкого прототипування, яка пошарово будує деталь. Геометрія кожного шару визначається формою площини відповідного перетину створеного комп'ютером. Усі наступні шари скріплюються з поверхнею попереднього. Цей процес повторюється до завершення побудови [8].

Метою підходу швидкого прототипування є створення прототипів нових виробів на ранніх етапах розробки. Прототипи, зазвичай, реалізують тільки частину потрібної функціональності, або не відповідають усім вимогам до кінцевого виробу, щоб прискорити процес їх створення. Використання прототипів дозволяє, по-перше, виявити можливі недоліки та виправити їх на ранніх стадіях розробки, а по-друге, скорегувати подальші плани розробки в залежності від змін у вимогах проекту, які можуть бути сформульовані на основі випробувань прототипу. При такому підході розробка ведеться ітеративно, що додає гнучкості процесу. Загалом це пришвидшує цикл розробки кінцевого продукту та дозволяє зменшити час потрібний для завершення проекту, що є вигідним при дрібносерійному виробництві та виробництві у високо конкурентних галузях промисловості. Різницю між традиційним підходом та підходом з використанням швидкого прототипування можна побачити на рисунку 3 [9].

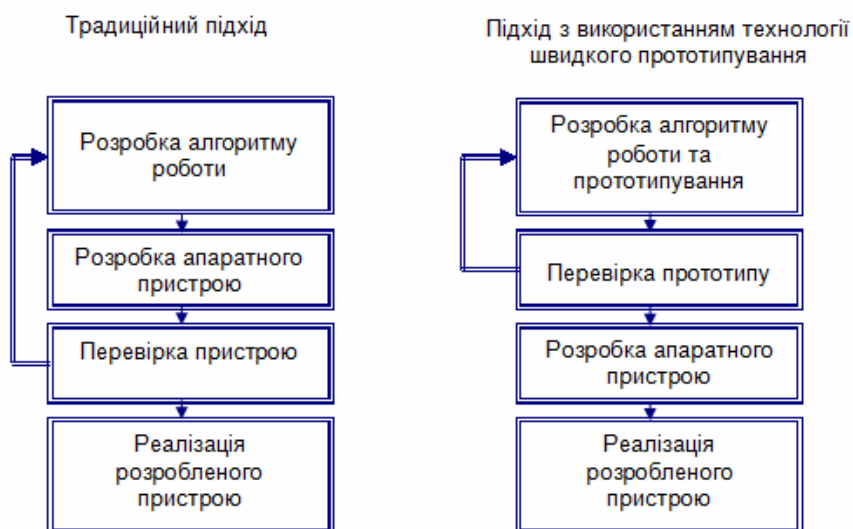


Рисунок 3 – Схеми традиційного підходу та підходу з використанням швидкого прототипування [9]

Сучасні препроцесори почали дуже ефективно працювати з форматом STL як вхідною геометрією. Препроцесор створює нову сітку на геометрії STL на основі параметрів сітки, визначених калькулятором. Спочатку створюється поверхнева сітка, а потім – об’ємна. Цей алгоритм працює надійно з правильно підготовленим файлом STL. Більшість сучасних систем САПР автоматично створюють файли STL з твердої геометрії.

Тривимірні тверді дані перетворюються на багатогранну сітку трикутників і зберігаються у файлі STL. Моделі із занадто низькою або високою роздільною здатністю можуть спричинити проблеми з 3D-друком і призвести до несподіваних результатів.

Так, наприклад, створений файл STL з низькою роздільною здатністю не надасть 3D-моделі необхідної якості поверхні, а отже, результат друку буде незадовільним. Файл з такою роздільною здатністю буде «великим» за розміром, що не дозволить його відкрити на етапі підготовки до друку, а такий надзвичайний рівень деталізації не дозволить 3D-принтеру роздрукувати нашу модель.

Однак, якщо потрібно отримати дуже детальний результат, і особливо з малими розмірами, то доведеться підбирати параметри наближення моделі з урахуванням особливостей технологічного обладнання (діаметр сопла друкуючої головки, товщина шару, точність позиціонування).

На рис. 4 схематично показано повний життєвий цикл виготовлення моделі на 3D-принтері.

Даний цикл передбачає наступні етапи створення кінцевого продукту [9–11]:

1. Створення базової концепції виробу.

2. Підготовка CAD-моделі (computer-aided design – комп’ютерна підтримка проектування), тобто створення електронної (цифрової) конструкторської та технологічної документації на спроектований виріб.

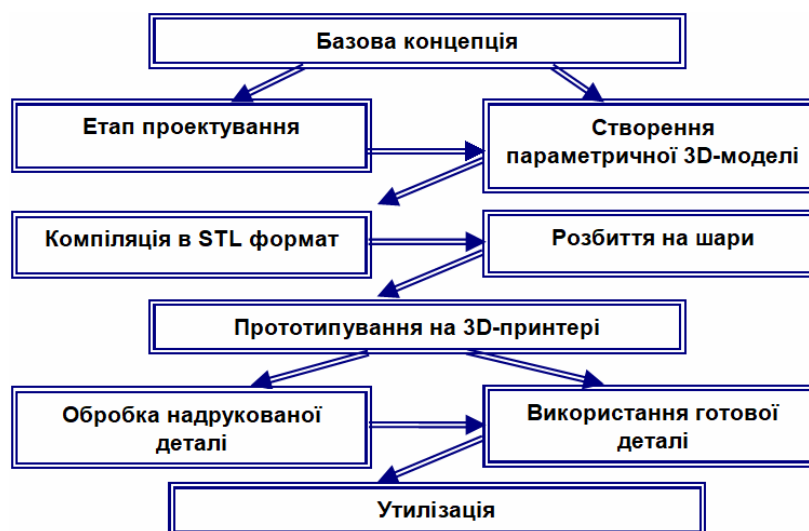
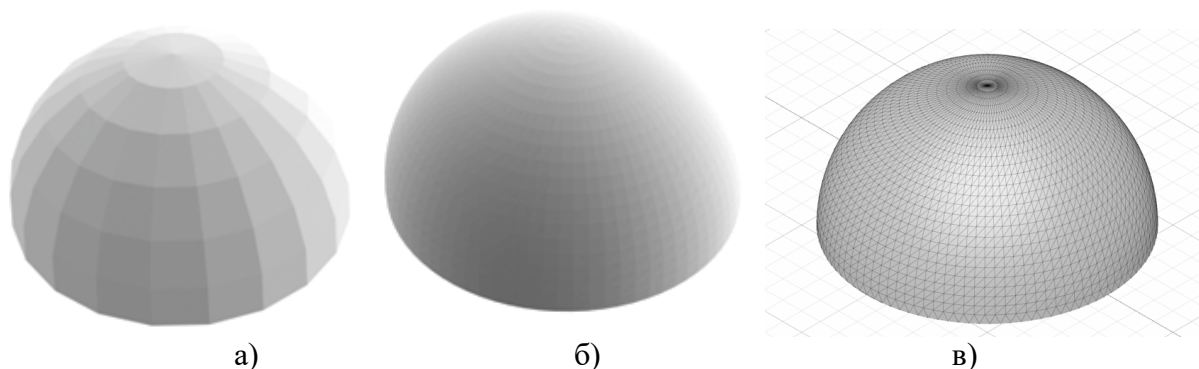


Рисунок 4 – Етапи створення моделі

3. Створення STL-файлу (stereo lithography – стереозображення), тобто отримання файлу в форматі, що використовується для зберігання об’ємних тривимірних моделей.

Питання передачі інформації про деталі в системи проектування керуючих програм для верстатів зі ЧПУ досить повно досліджені й описані, проблеми з передачею інформації в цьому випадку не виникає. Передача геометричної інформації здійснюється за допомогою обмінних файлових форматів (IGES, STEP, STL). Формат *.STL є основним для технологічного процесу друку на 3D-принтерах. Особливістю даного формату є розбиття геометрії цифрової моделі на модель, яка складається з набору рівносторонніх трикутників. Кількість трикутників залежить від вибраного CAD продукту (рис. 5).



а) КОМПАС б) Solid Works, в) Fusion 360
Рисунок 5 – Представлення цифрових моделей в форматі STL

Аналіз рисунку 5 показав що препроцес у програмних продуктів різний. У системи Fusion 360 або Solid Works є можливість отримати достатньо дрібну сітку трикутників, ніж в системі КОМПАС.

4. *Розділення на шари* – віртуальне розділення виробу на шари в контурних межах проектованого виробу.

3D-принтер повністю повторює форму кінцевого продукту з формату *.STL, тому значення шорсткості в зразка рис. 5, в буде значно вищою [9–11]. Після запуску спеціальною програмою файлу в форматі .STL, вона ділить модель на шари (слайси) і розписує їх на G-code.

G-код є структурою і синтаксис написання команд для обробного верстата. G-код має міжнародну базову структурну основу, затверджену американськими та європейськими системами стандартизації. Однак існує безліч специфічних доповнень і модифікацій, які локально використовують виробники верстатів і великі корпорації, що випускають обладнання.

Щороку з'являються нові, а існуючі дуже швидко удосконалюються, інтуїтивно зрозумілі можливості редагування G -коду, прості способи редагування поверхневих об'єктів, інструменти наочного управління безпосередніми функціями друку.

5. *3D-друк*, який власно передбачає фізичне створення виробу на 3D-принтері на основі попередньо створених цифрових моделей.

6. *Фінішна обробка* для надання виробу необхідних якостей, властивостей чи зовнішнього виду, що передбачає можливу абразивну, хімічну, фізичну, теплову, декоративну чи іншу обробку.

7. *Отримання готового виробу та активне використання.*

8. *Утилізація деталі.*

ВИСНОВКИ. Незважаючи на велику кількість досліджень, більш ефективним методом скорочення затрат на складальне виробництво, залишається створення нових конструкцій в яких враховано вимоги і обмеження до процесів складання без зниження якості та функціональності виробу. Термін «технологічність» останнім часом, з точки зору процесів обробки, змінив свій сенс з появою високотехнологічного обладнання з ЧПК, 3D друку, можливістю використання нових матеріалів, різальних інструментів, тому для процесу складання він стає більш актуальним. Для розробки конструкцій здатних проектувати цифрові 3D-моделі будь-якої складності існує велика кількість САД систем, але кожна з них має певні недоліки, які впливають на якість поверхні і досягнуту геометричну точність прототипу.

Недоліком існуючих методів є неповне і неформалізоване представлення обмежень на інтеграцію деталей. Для усунення даного недоліку, у роботі, необхідно розробити математичну модель декомпозиції складального креслення на конструкторсько-технологічні елементи, що дозволяє скоротити трудомісткість проектування 3D-моделі та

експериментально підтвердити правильність розробленої програми.

ЛІТЕРАТУРА

1. Основи виробництва електронних апаратів / Невлюдов І.Ш. Харків: ТОВ «Компанія СМІТ». 2005. 598 с.
2. Комп'ютерні технології автоматизованого виробництва. Невлюдов І.Ш., Бережна М.А. Харків: ТОВ «Компанія СМІТ». 2007. с. 368
3. Основи САПР: технічна підготовка виробництва: Навч. посібник / Невлюдов І.Ш., Андрусевич А.О., Євсєєв В.В., Мілютіна С.С. Київ: НАУ. 2014. 360 с.
4. Невлюдов І.Ш. Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації: Підручник. Кривий Ріг: КК НАУ. 2017. 444 с.
5. Стельмах Н. В. Автоматизація технологічного підготовки складального малосерійного виробництва електромеханічних приладів: Дис... канд. техн. наук: 05.02.08. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 189 с.
6. Юлдашев М.Н., Зотьєва Д.Е. Конструкторское решение для быстрого прототипирования электронных устройств. Сборник научных трудов. 15-ая молодежная научно-техническая конференция "Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы 2013". М.: изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 24-25 апреля 2013 г. с. 295–300.
7. Пихтєєва І. В., Вершков О. О., Малюта С. І. Метод швидкого прототипування виготовлення профільних об'ємних виробів // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету : наукове фахове видання; Вип. 21, т. 1. С. 326–333
8. Nevliudov, I., Razumov-Fryzyuk, E., Nikitin, D., Bliznyuk, D., & Strelets, R. (2021). Technology for creating the topology of printed circuit boards using polymer 3D masks. Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries, (1 (15)), 120–131.
9. Тодд, Р. Прототипирование. Практическое руководство / Р. Тодд [и др.] под ред. Манн, Иванов и Фербер – Москва, 2013. 240 с.
10. Чонка Е.Я. Аналіз точності формування поверхонь деталей виготовлених на 3D-принтері. XV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні», 10-11 грудня 2019 року, КПІ ім. Ігоря Сікорського. С. 197–200
11. Білоус, Г.А. Розбиття 3D-об'єктів на тетраедри із заданим ступенем дискретності / Г. А. Білоус, Т. К. Скрипник, Н. К. Медведчук. Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. 2019. № 3. С. 59–62.

Науковий керівник: Невлюдов Ігор Шакирович, д.т.н., проф., завідувач кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки

УДК 658.512

МОДЕЛЮВАННЯ КОРПУСУ БАГАТОЦІЛЬОВОЇ МОБІЛЬНОЇ РОБОТОТЕХНІЧНОЇ ПЛАТФОРМИ

Гаврик С. С., Кострова Г. Ю.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: stanislav.havryk@nure.ua, hanna.kostrova@nure.ua

Дослідження проводиться в області проектування апаратної та програмної частини рухомої охоронної платформи, та вибору необхідних компонентів. Дослідження у цій області допоможуть визначити переваги вибору окремих технічних рішень та доцільність використання рухомих охоронних платформ у порівнянні із стаціонарними.

Ключові слова: системи автоматизованого проектування, прототипування, 3D-модель

MULTIPURPOSE MOBILE ROBOTIC PLATFORM MODELING

S. Havryk, H. Kostrova

Kharkiv National University of Radioelectronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av.,14

E-mail: stanislav.havryk@nure.ua, hanna.kostrova@nure.ua

The research is carried out in the field of designing the hardware and software of the mobile security platform, and the selection of the necessary components. Research in this area will help determine the benefits of choosing individual technical solutions and the feasibility of using mobile security platforms compared to stationary.

Key words: computer-aided design systems, prototyping, 3D model

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. В даний час все частіше на виробництві та в багатьох інших сферах діяльності замінюють роботи. У промисловості використовують стаціонарні роботи для складання, зварювання та фарбування та інших технологічних операцій. Здебільшого промислові роботи є стаціонарними. В інших же сферах, наприклад, розбір завалів, військових дій, розвідки, роботи в особливо небезпечній зоні використовуються мобільні роботи [1, 2]. Таким чином, машина виконує безліч функцій, які раніше виконувала людина, а людині нічого не загрожує. Також поєднуючи можливості різних моделей роботів, можна зменшити кількість персоналу на охоронюваних об'єктах, автоматизувати деякі загальні функції безпеки, негайно посилити безпеку, коли це необхідно, та уникнути змін у якості робіт із забезпечення безпеки, що виконуються персоналом. Використовуючи охоронних роботів, компанії, що надають послуги охорони з працівниками служби безпеки, можуть швидко збільшити кількість своїх охоронюваних місць.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Процес управління мобільним роботом (МР) реалізований, переважно, виконанням апріорно обмеженої безлічі команд зовнішнього інтерфейсу бортової системи управління (СУ). Це регламентує основне обмеження методів управління, що розробляються, створення переважно інформаційного забезпечення для управління кінцевим положенням мультиструктури МР в умовах протидій, що надаються зовнішнім середовищем. Системи управління даним класом об'єктів характеризуються суттєвою нестационарністю, оскільки зазвичай включають нестационарний контур зворотного зв'язку [3].

Інформаційна структура контуру зворотного зв'язку рівня пропрієцепції апаратно фіксована, на відміну від рівня екстероцепції, на якому вона має тенденцію до трансформації у більш комплексні інформаційно-керуючі форми, при яких модель процесу навігації переймає властивості моделей ієрархічних систем підтримки та прийняття рішень (СППР) [2] з широким використанням математичних структур як метричного, і топологічного просторів [4]. Насамперед, це викликано збільшенням числа та вдосконаленням мехатронних вузлів МР, що передбачає їх асинхронну роботу, для якої, як правило, потрібні процедури узгодження часткових обчислювальних процесів [1].

Розглядаючи абстракцію МР [2] – об'єкта, що автономно переміщається з безліччю інформаційно-рухових дій (ІРД), можна відзначити, що, на відміну від стаціонарних роботів, в управлінні якими є апріорна інформація [4] (цільова конфігурація виконавчих підсистем), управління МР пов'язано з відсутністю у явній формі такої інформації. Наявність у ній конфігурацій як перешкод так і МР, як активного об'єкта середовища [5], значно ускладнює її використання. До теперішнього часу в сучасній робототехніці загальновідома схема структурної організації МР (рис.1), яка розподілена на прикладний, стратегічний та тактично-рефлексивний рівні взаємодії [2].



Рисунок 1 – Узагальнена структура організації МР

Тактично-рефлексивний рівень, включаючи повну групу виконавчих вузлів, узагальнює апаратно фіксовану структуру взаємодіючих модулів, що забезпечують з фіксованим ступенем свободи її переміщення [6]. До них, в залежності від призначення МР, можуть входити приводи, сенсори пропріоцепції та екстероцепції, одометри, модуль навігації. При цьому, основна схема взаємодії заснована на отриманні навігатором деякої послідовності, що управляє, дотримання якої забезпечує введення МР в цільовий стан; відповідно до продуктованих одометрами даними верифікації поточного розташування МР; та локалізація власної конфігурації з використанням даних екстероцепції, результатом чого є визначення мети та формування траєкторії.

Первинні обмеження загального завдання навігації можна назвати досліджуючи механічну зв'язність виконавчих вузлів МР (рис. 2). Формально вони визначаються математичною моделлю руху МР як механічної системи взаємопов'язаних абсолютно твердих тіл, що реалізується на структурі орграфа [4]. Рівняння руху при цьому отримують виходячи із загальних теорем динаміки [2] та нелономної механіки [7]. Причому методи нелономної механіки виявляються тут більш переважними, оскільки в такому випадку модель може бути представлена у векторно-матричній формі [8], що допускає її реалізацію методами комп'ютерної алгебри [9].

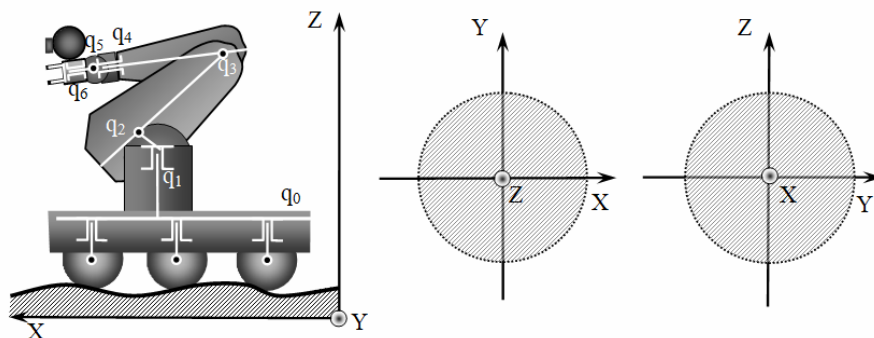


Рисунок 2 – Зв'язність виконавчих вузлів МР

У навігації структура вектора на вході обмежена фазовими координатами $СУ$, відповідних розташування МР у зовнішньому середовищі [5] з деякою введеною у неї системою координат ($СК$). У зв'язку з цим, існуючі навігаційні системи є, головним чином, інформаційною надбудовою над $СУ$ без будь-яких модифікацій наявної апаратної структури, і таким чином прикладний і стратегічний рівні реалізуються інформаційним забезпеченням у певному кінцевому конфігураційному просторі станів.

Слід зазначити, що прикладний рівень з інтерфейсом пілотування МР прийнято відокремлювати від процесу навігації через відсутність у відомих методах навігації схем

аналізу досяжності цілей на етапі їх встановлення пілотом [10] або хоча б прийнятності створеної моделі поведінки МР при виконанні конкретної місії [11]. Постулювання цього рівня вище стратегічного [10] призводить до виникнення складно вирішуваних завдань на узгодження елементів інтерфейсу, якими декларуються цілі, з виконавчо-руховими можливостями, що реалізуються. Очевидно, у майбутньому складність подібних завдань підвищиться через те, що інтерфейс має тенденцію еволюції до форм комунікації людей [11].

Істотне значення тут має асинхронний характер розгортання локальних СУ, що відповідає вимогам функціонування МР у масштабі «жорсткого» реального часу [11]. Відсутність методології побудови уніфікованої моделі об'єктів/перешкод [10] на основі СІ довільної форми, частково викликана відносною реєстрованих сенсорами даних [4], як і відмінності використовуваних дескрипторів у значно обмежених методах обробки СІ, призводить до загальної неоднорідності структури навігаційних даних та моделі процесу навігації в цілому.

Аналіз архітектур існуючих МР [8] дає можливість виділити типові реляції (рис. 3) між рівнями організації МР. Насамперед, вони обумовлені алгоритмічними зв'язками взаємодіючих підпроцесів процесу навігації, що «розгортається» у часі як процесу функціонування абстрактної СППР, що включає стратегічний (глобальна навігація), тактичний (локальна навігація) та реактивний (оптимальне проходження спланованої траєкторії) вертикальні рівні взаємодій [5, 12].

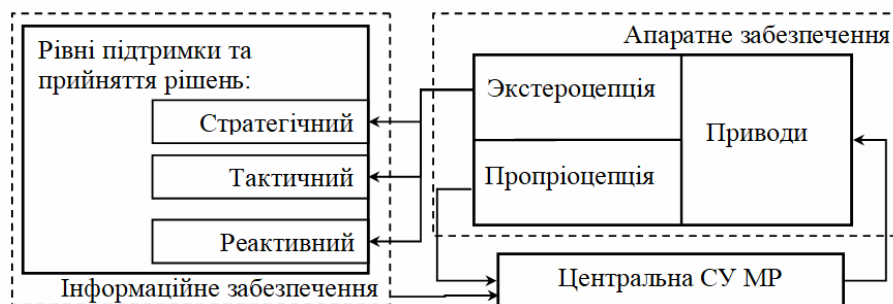


Рисунок 3 – Тактико-технічна організація МР

АНАЛІЗ ПРИНЦИПУ РОБОТИ СИСТЕМ ПЕРЕСУВАННЯ. Мобільному роботу необхідні певні механізми пересування, щоб він міг рухатися по своєму оточенню. Існує декілька механізмів для досягнення цієї мети. Механізми руху ніг роботів часто надихаються біологічними системами, які є дуже успішними у пересуванні по різних типах поверхонь.

Для кожного виду пересування, без різниці, використовуватиметься колесо, ноги чи інша концепція – є три основні проблеми: стабільність, характеристики контакту з землею та тип середовища пересування.

Основними атрибутами стабільності є кількість і геометрія точок контакту, сила тяжіння і нахил місцевості. Характеристики контакту із землею залежать від типу точки контакту (у випадку з ногами – це відбиток стопи), кут контакту з землею і тертя між роботом і поверхнею. Атрибутами типу середовища є структура середовища (наприклад, у випадку жорсткого середовища), і саме середовище (наприклад, вода, повітря, тверда або м'яка земля) [13].

У нашому випадку платформа буде використовуватися для роботи у приміщенні, на жорсткій та рівній поверхні. Виключення становлять різні покриття, такі як килими, лінолеум, стики між приміщеннями. Через це будемо використовувати колісну або гусеничну платформу пересування.

Пересувні колісні та гусеничні роботи мають мінімум два двигуни, які використовуються для приведення в рух і керування роботом [14]. Зазвичай обирають ковзаюче рульове через простоту інсталяції, конфігурації та управління. Використання третього заднього колеса, як правило, запобігає падінню робота. Чотириколісні роботи мають два, або чотири двигуна і

використовують рульове управління. Шестиколісні роботи найчастіше мають два, чотири або шість двигунів. Збільшення кількості приводних двигунів допомагає роботу підніматися на більш круті нахили, за допомогою підвищеного крутного моменту [13].

Додавання коліс без двигуна часто призводить до втрати ваги з ведучих коліс, що призводить до ковзання та втрати тяги [15, 16]. На рис. 4 центральне колесо, обране помилково як приводне колесо, часто втрачає контакт із землею.

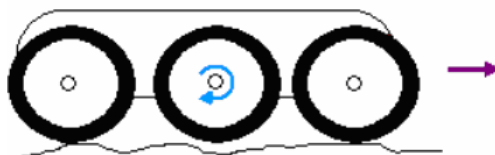


Рисунок 4 – Колісна база із центральним ведучим колесом

Система коліс (або зв'язування всіх коліс із шестернями або приводними ремнями) також допомагає запобігти цьому. Колії – не обов'язково кращий вибір, ніж використання кількох приводних коліс. Виробники танків у всьому світі виробляють як колісні, так і гусеничні моделі танків, і обидві концепції демонструють майже однакові показники. Більшість користувачів погоджуються, що танкові колії – далеко не самий вишуканий спосіб транспортування і мають тенденцію "рвати" землю під собою. Роблячи щільний поворот або повертаючись на місці, протектори танка стикаються з значно більшим опором, ніж колеса, оскільки обидві половини притискаються до землі перпендикулярно радіусу повороту. Саме через це такі платформи споживають дуже багато електроенергії.

Можливо розробити самобалансуючого робота, використовуючи два колеса. Або можливо розробити більш стабільну платформу, використовуючи чотири або більше [17].

Два ведучих колеса використовуються для приведення в рух і повороту робота (рульове керування), а одне або два холості колеса запобігають падінню робота вперед або назад. Колесо «холостого ходу» може бути роликком або кулею.

Правильний розмір колеса дуже важливий, і слід подбати, щоб вибрати правильний для кожного конкретного робота. Потрібно врахувати два основних рівняння:

$$- \text{швидкість} = \text{кутова швидкість (колеса)} \times \text{радіус (колеса)}$$

Це означає, що і радіус колеса, і кутова швидкість, з якою воно обертається, впливатимуть на швидкість руху вперед.

$$- \text{сила (що діє колесом на поверхню)} = \text{крутний момент (двигуна)} / \text{радіус (колеса)}$$

Щоб колісний робот рухався або піднімався по нахилу, колесо прикладає горизонтальну силу на поверхню. Якщо вам потрібно прикласти велику силу (оскільки ваш робот важкий), то вам потрібно збільшити крутний момент або зменшити радіус колеса. Збільшення крутного моменту, як правило, дороге, а збільшення радіуса зазвичай означає важче колесо, що вимагає більше крутного моменту, але також зменшує максимальну швидкість (оскільки воно повинне обертатися швидше). Дуже малий діаметр коліс також може бути недоцільним [13].

ВИБІР ТЕХНОЛОГІЙ ТА РІШЕНЬ ДЛЯ РОЗРОБКИ АПАРАТНОЇ ПЛАТФОРМИ. Трьома основними компонентами системи є робототехнічна платформа (РП), сервер і клієнт (рис. 5).

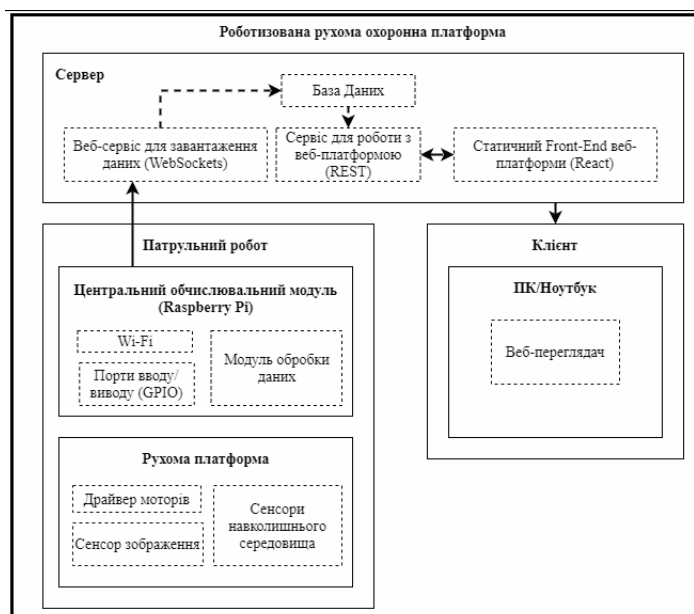


Рисунок 5 – Архітектура системи

Першим і одним з найголовніших модулів буде модуль камери (рис. 6, а). Модуль камери оснащений двома інтенсивними інфрачервоними світлодіодними прожекторами для нічного запису. Інфрачервоні світлодіоди живляться безпосередньо від порту CSI і здатні освітлювати територію на відстані до 8м. Камера також має регульовану фокусну відстань 3,6 мм і кут огляду 75,7 градусів.

Далі необхідно обрати плату, яка буде виконувати роль центрального обчислювального модуля РП. Усі сенсори та додаткові пристрої будуть підключені до цієї плати (рис. 6, б) [11].

Третім необхідним модулем є модуль контролю температури, вологості і тиску. Таким модулем було обрано ВМЕ280. Пристрій ВМЕ280 є цифровим барометричним датчиком тиску і є модернізованою версією ВМР180. Датчик умістився на дуже малій платі, яка забезпечує доступ до датчика через інтерфейс I2C. Це дозволяє легко підключити його до Raspberry Pi і читати дані за допомогою Python (рис. 6, в).

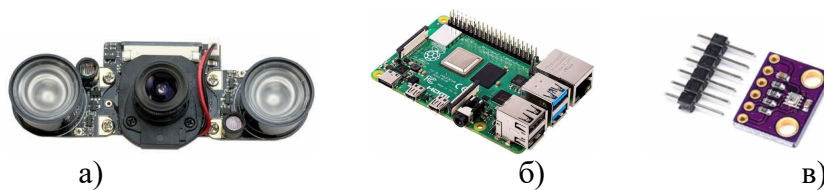


Рисунок 6 – Модулі платформи

СТВОРЕННЯ 3D-МОДЕЛІ ПЛАТФОРМИ. Для ґрунтової поверхні оптимально використовувати шестиколісну платформу з чотирма приводами, розташованими симетрично. Розрахунки по орієнтованій масі готової РП наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Орієнтована маса РП

Параметр	Значення, кг
Орієнтована маса приводів	$4 \times (0,25-0,4) = 1,0-1,6$
Орієнтована маса акумуляторів	$2 \times (0,3-0,4) = 0,6-0,8$
Маса коліс	$6 \times (0,25-0,3) = 1,5-1,8$
Маса електроніки и радіаторів	0,3-0,4
Маса корпусу и шасі	1-1,3
Загалом	4,4-5,9

На рис. 7 представлений ескіз РП (вид зверху та спереду). За даними ескізами можна оцінити габаритні розміри робота.

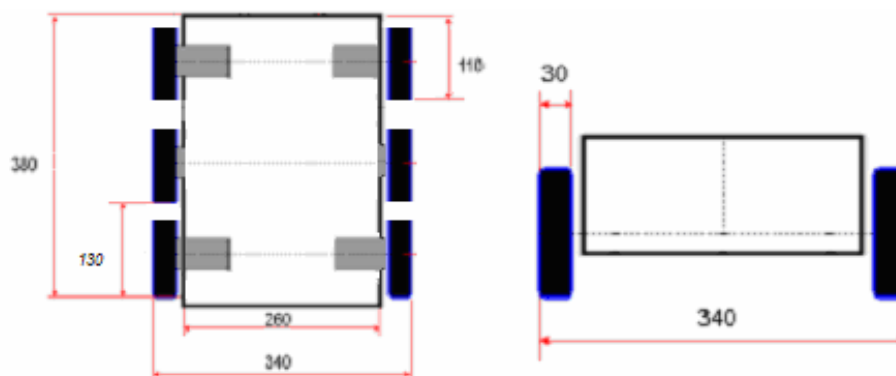


Рисунок 7 – Ескіз платформи з габаритними розмірами

Для розробки 3D-моделі прототипу було обрано програму Fusion 360. Fusion 360 – це хмарна платформа САПР [18, 19], яка є доступною, високопродуктивною альтернативою іншим основним гравцям галузі. Цей додаток простий у використанні та має всі загальні функції, яких можна очікувати від популярних пакетів САПР. Fusion 360 був побудований з нуля, щоб бути всеохоплюючим рішенням для розробки продуктів і може запропонувати простий робочий процес, починаючи від концептуального дизайну і закінчуючи виробництвом.

Fusion 360 має дуже велику базу знань, яка ретельно охоплює всі особливості програмного забезпечення; ці навчальні посібники можна отримати через Fusion 360, а також через веб-сайт Autodesk.

Fusion 360 може виконувати ресурсоємні операції в хмарі, включаючи візуалізацію, моделювання, оптимізацію фігури та генеративний дизайн. Це означає, що робота може тривати, поки весь важкий підйом робиться на хмарі. У Fusion 360 можна перемикатися між шістьма різними робочими областями.

Створення 3D-моделі складається з кількох простих етапів. Перший – створення ескізу (рис. 8).

Ескізи представляють собою лінії та криві на 2D-площині. Вигляд переключиться з тривимірної на 2D-перспективу. Другий етап – видавлювання.

Після цього достатньо застосувати деякі косметичні зміни в об'єкті та експортувати модель (рис. 8). Після цього її можна передати у програму для перетворення моделі на G-code-файл. Він використовується 3D-принтером при друці.

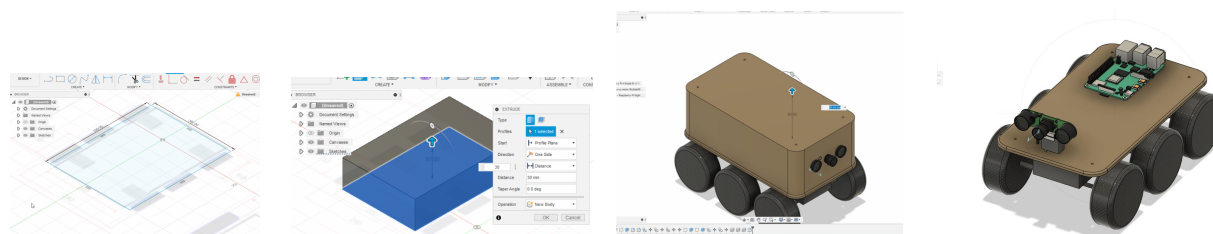


Рисунок 8 – Створення моделі у Fusion 360

ВИСНОВКИ. У роботі було розглянуто основні методології проектування 3D-моделей прототипів, наведено переваги використання пакету САПР Fusion 360, спроектовано модель роботизованої рухомої охоронної платформи, а також розглянуто процес 3D-друку та процесу підготовки моделі до 3D-друку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Nevliudov, I., Yevsieiev, V., Demska, N., & Novoselov, S. (2020). Development of a software module for operational dispatch control of production based on cyber-physical control systems. *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, (4 (14)), 155–168.
2. Nevliudov I., Tsymbal O., Bronnikov A., Mordyk O. Internet of things for robotic projects. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2020. № 3 (13). С. 58–64.
3. Nevlyudov I., Tsymbal O., Bronnikov A. Intelligent means in the system of managing a manufacturing agent. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2018. № 1 (3). С. 33–47.
4. Цымбал А.М., Бронников А.И. Моделирование адаптивного принятия решений в ИСУ роботом. *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород*. 2013. №4, С. 173–176.
5. Невлюдов І. Ш., Демська Н. П., Скрипник К. Є. Аналіз технології побудови локальної карти середовища мобільного робота. *Технологія приборостроєння*. 2019, №2. с. 10–13
6. Невлюдов І.Ш., Демська Н.П., Чала О.О., Демська А.І. / Групове управління гнучкими виробничими системами у виготовленні МЕМС виробів. Міжнародна науково-практична конференція «Математичне моделювання процесів в економіці та управлінні проектами і програмами (ММП-2018)», Коблево, 10-14 вересня 2018 р. Харків: ХНУРЕ, 2018. С. 101–103
7. Теоретична механіка. Статика. Кінематика: посіб. для студ. вищ. навч. закл. / І. В. Кузьо, Т. М. Ванькович, Я. А. Зінько. Л.: Вид-во «Растр-7», 2010. 324 с.
8. Дудюк Д. Л. Гнучке автоматизоване виробництво і роботизовані комплекси: Навч. посібник / Д. Л. Дудюк, С. С. Мазепа, М. М. Мисик. Львів: "Магнолія плюс" СПД ФО В. М. Піча, 2005. 278 с.
9. Писаренко А. В., Цвелодуб А. О. Розробка інструментальних засобів MATLAB/Simulink для проектування керуючих пристроїв систем управління на базі ПЛІС. *Вісник Національного технічного університету України Київський політехнічний інститут. Сер.: Інформатика, управління та обчислювальна техніка*. №52. 2010. С 53–58.
10. Лоторев, П. В., Курочкин, А. Г., & Гривачев, А. В. (2016). Математическая модель динамической коррекции маршрута подвижного робота. *Научные технологии*, 17(3), 21–25.
11. Невлюдов І.Ш., Євсєєв В.В., Андрусевич А.О. Проектування мобільних роботів на базі одноплатних комп'ютерів (Raspberry Pi та мови Python 3.6). Харків: ФОП Панов А.М. 2020. 264 с.
12. Бронніков А.І., Методи пошуку оптимального керування. *Технологія приборостроєння*. Харьков, 2015, № 2, С. 53 – 55.
13. Мешковский, Е. О., & Курмашев, А. Д. (2020). Построение математической модели четырёхколёсного мобильного робота с двумя дифференциальными приводными блоками. *Инновации и инвестиции*, (2), 113–118.
14. Колесниченко, Е. Ю., Павловский, В. Е., Орлов, И. А., Алисейчик, А. П., Грибков, Д. А., & Подоприсветов, А. В. (2018). Математическая модель робота на омни-колесах, расположенных в вершинах прямоугольного треугольника. *Мехатроника, автоматизация, управление*, 19(5), 327–330.
15. Берестова С. А., Мисюра Н. Е., Митюшов Е. А. Кинематическое управление движением колесных транспортных средств, *Вестн. Удмуртск. ун-та. Матем. Мех. Компьют. науки*, 2015, том 25, выпуск 2, 254–266
16. Кампион Г., Бастен Ж., д'Андреа-Новель Б. Структурные свойства и классификация кинематических и динамических моделей колесных мобильных роботов, *Нелинейная динам.*, 2011, том 7, № 4, 733–769
17. Бартенев, В. В., Яцун, С. Ф., & Аль-Еззи, А. С. (2011). Математическая модель движения мобильного робота с двумя независимыми ведущими колесами по горизонтальной плоскости. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*, 13(4–1).
18. Сімута Р.Р., Петраков Ю.В. Моделювання поверхонь деталей в CAD/CAM системах. *Процеси механічної обробки в машинобудування*. № 12. 2012. С 149–158
19. Бучинський М. Я., Горик О. В., Чернявський А. М., Яхін С. В. *Основи творення машин*. Харків: Вид-во «НТМТ», 2017. 448 с.

Науковий керівник: Демська Наталія Павлівна, к.т.н., доцент кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ РОЗПІЗНАВАННЯ ГОЛОСУ

Пилипенко В. М.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: vladyslava.pylypenko@nure.ua

Дослідження проводиться в області розпізнавання мовлення, а саме з використанням нейронних мереж. Метою досліджень у цій області є визначення переваги вибору нейромережових рішень та безпосередньо рекурентної моделі мережі.

Ключові слова: розпізнавання мовлення, нейронна мережа, рекурентна модель.

MULTIPURPOSE MOBILE ROBOTIC PLATFORM MODELING

V. Pylypenko

Kharkiv National University of Radioelectronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av.,14

E-mail: vladyslava.pylypenko@nure.ua

The research is carried out in the field of speech recognition, namely using neural networks. The aim of research in this area is to determine the advantages of choosing neural network solutions and a recurrent network model.

Key words: speech recognition, neural network, recurrent model.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Завдання розпізнавання голосу – одне з найактуальніших завдань сучасності. Незважаючи на те, що на даний момент існує безліч аналогічних готових систем, заснованих на різних технологіях, завдання розпізнавання голосу не повністю вирішене, тому що існуючі системи мають певні недоліки. Зокрема, залежність роботи системи від доступу до засобів передачі даних та недостатня точність розпізнавання.

Одним із перспективних напрямків у вирішенні завдань розпізнавання мовлення є застосування нейронних мереж. Нейронні мережі широко застосовні у вирішенні різних класів завдань розпізнавання через здатність до узагальнення.

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ РОЗПІЗНАВАННЯ МОВЛЕННЯ. Розпізнавання мовлення – це можливість машини або програми ідентифікувати слова та фрази усною мовою та перетворити їх на машиночитаний формат. Мова являє собою послідовність звуків. Звук, у свою чергу, є суперпозицією звукових хвиль різних частот. Хвиля характеризується двома атрибутами – амплітудою та швидкістю. Щоб зберегти аудіосигнал на цифровому носії, його необхідно поділити на кілька проміжків та прийняти певне «усереднене» значення для кожного з них. Таким чином, механічні коливання перетворюються на набір чисел, які підходять для обробки на сучасних комп'ютерах. Рудиментарне програмне забезпечення для розпізнавання мови має обмежений словниковий запас слів і фраз, і тому воно може ідентифікувати слова, тільки якщо вимова дуже чітка. Більш складне програмне забезпечення може приймати природне мовлення.

Розпізнавання мовлення працює на основі двох алгоритмів: акустичного та мовного моделювання. Акустичне моделювання являє собою взаємозв'язок між лінгвістичними одиницями мови та аудіосигналів; мовне моделювання відповідає звукам із послідовностями слів, щоб допомогти розрізнити слова, які звучать однаково.

Продуктивність систем розпізнавання мови зазвичай оцінюється з точки зору точності та швидкості. Точність оцінюється як кількість помилок у слові, тоді як швидкість вимірюється з коефіцієнтом реального часу. Інші міри точності включають поодинокі помилку та коефіцієнт успіху команди. У процесі розвитку системи розпізнавання мови поступово

з'являлися нові алгоритми роботи, такі як тимчасове динамічне деформування, приховані марківські моделі, нейронні мережі та розпізнавання мови end-to-end.

Одним з ранніх алгоритмів є алгоритм розпізнавання мови на основі динамічного тимчасового деформування (DTW – Dynamic Time Warping). У аналізі часових рядів динамічне тимчасове деформування один із алгоритмів виміру подібності між двома тимчасовими послідовностями. DTW застосовується до тимчасових послідовностей відео-, аудіо- та графічних даних. Дійсно, будь-які дані, які можуть бути перетворені на лінійну послідовність, можуть бути проаналізовані за допомогою DTW, який полягає у вимірі подібності між двома послідовностями, які можуть змінюватися в часі або швидкості.

На зміну алгоритму DTW прийшов більше досконалий підхід – приховані марківські моделі (НММ – Hidden Markov Model). НММ є статистичними моделями, які виводять послідовність символів або величин і використовуються для розпізнавання мовлення, оскільки мовний сигнал можна розглядати як шматково-стаціонарний сигнал або короткочасний стаціонарний сигнал. Кожне слово або фонема має різний розподіл вихідних даних. Фонем моделюються з використанням трьох різних станів – початкового, середнього та кінцевого. Існує два типи фонем: монофони та трифони. У монофонів накладання артикуляції ігнорується, збираються моделі фонем, що стоять окремо. У трифонів накладання артикуляції враховується, у своїй відбувається побудова окремої моделі для фонем, оточених іншими фонемами. Прихована марківська модель для низки слів або фонем створюється шляхом об'єднання окремих прихованих марківських моделей для кожного слова або фонем.

Для оптимізації алгоритму НММ часто використовують нейронні мережі, які попередньо обробляють мовний сигнал, наприклад перетворення об'єктів або зменшення розмірності. Штучні нейронні мережі (ANN – Artificial Neural Networks) – це обчислювальні системи, засновані на біологічних нейронних мережах, що становлять мозок тварин. Такі системи вивчають завдання, розглядаючи приклади, як правило, без спеціального програмування. Нейронні мережі є пристроями для зіставлення зразків з архітектурою обробки, заснованої на нейронній структурі людського мозку. Вони складаються з простих взаємозалежних блоків обробки (нейронів). Кожна сполука (синапс) між нейронами може передавати сигнал від одного до іншого. Прийомний (постсинаптичний) нейрон може обробляти сигнал, потім підключати до нього нейрони.

У стандартних реалізаціях ANN синапсовий сигнал є реальним числом, а вихід кожного нейрона обчислюється нелінійною функцією суми його входів. Нейрони та синапси зазвичай мають вагу, яка коригується в міру продовження навчання. Вага збільшує або зменшує силу сигналу, який посиляє через синапс. Нейрони можуть мати такий поріг, що тільки в тому випадку, якщо сукупний сигнал перетинає це граничне значення, що посиляється сигнал. Як правило, нейрони організовані у шари. Різні шари можуть виконувати різні види перетворень на своїх входах. Сигнали переміщуються від першого (вхідного) до останнього (вихідного) шару. При оцінці ймовірності сегмента мовлення нейронні мережі дозволяють проводити тестування природним та ефективним чином. Недоліком нейронних мереж є нездатність моделювати часові залежності.

Різновидом нейронних мереж є глибокі нейронні мережі (DNN – Deep Neural Network). Даний алгоритм є штучною нейронною мережею з декількома прихованими шарами одиниць між вхідним і вихідним рівнями. Подібно до дрібних нейронних мереж, DNN можуть моделювати складні нелінійні відносини. Архітектури DNN створюють композиційні моделі, в яких додаткові шари дозволяють складати елементи з нижніх шарів, забезпечуючи величезну навчальну здатність і, отже, потенціал моделювання складних моделей мовних даних. DNN мережа має вхідний шар x , прихований шар s та вихідний шар y . Вхідний шар складається з вектора $x(t)$, який є об'єднанням вектора $w(t)$, що є поточним словом, і вектора $s(t-1)$, який являє собою вихідні значення прихованого шару, отримані на попередньому кроці. Розмір вектора $w(t)$ дорівнює розміру словника. Вихідний шар $y(t)$ має

той же розмір, що і $w(t)$, і після вивчення нейронної мережі являє собою імовірнісне розподіл наступного слова при даному попередньому слові та стан прихованого шару в попередній тимчасовий крок. Розмір прихованого шару зазвичай вибирається емпірично.

Сьогодні найсучаснішим алгоритмом є алгоритм End-to-End пошуку ймовірності зростання, званий LAS (Likelihood Ascent Search). LAS – це модель розпізнавання мови від кінця до кінця. LAS вчиться транскрибувати аудіопослідовність сигналу до послідовності слів, по одному символу за раз, без використання явних мовних моделей, таких як НММ. Він складається з енкодера, який називається listener, і декодера, який називається speller. LAS моделює кожен вихід символу як умовне розподілення порівняно з попереднім символом. Дана модель є дискримінуючою та наскрізною, оскільки вона безпосередньо передбачає умовну ймовірність послідовності символів, враховуючи акустичний сигнал

Головною перевагою систем розпізнавання промови стала дружність до користувача. Вони дозволяють вводити дані або команди через мовлення без використання сенсорних або інших методів. Нестача ж полягає у нездатності розпізнавати деякі варіації вимови, а також відсутність підтримки більшості мов за межами англійської мови та неможливості сортувати фоновий шум. Такі фактори можуть призвести до неточностей [1].

Підсумовуючи, слід зазначити, що, хоча система розпізнавання мови вже розвивається давно, її не можна назвати досконалою, оскільки вона має обмежений потенціал через свою тривіальність. Хоча автоматичні системи розпізнавання мови далеко не ідеальні з точки зору точності слова або завдання, належним чином розроблені програми все ще можуть ефективно використати існуючу технологію для надання реальної цінності клієнту, про що свідчить кількість таких систем, які щодня використовуються мільйонами користувачів. Розвиток систем розпізнавання мови можна пов'язати з удосконаленням структури нейронних мереж, тому було обрано саме цей метод розпізнавання мовлення.

НЕЙРОМЕРЕЖЕВИЙ ПІДХІД. Нейронна мережа з кількістю прихованих шарів є універсальним апроксиматором, тобто навіть мережі з одним прихованим шаром, що використовувалися до цього етапу, можуть апроксимувати будь-яку поверхню у просторі ознак. Проте успіх у розпізнаванні мови прийшов лише з використанням багатошарових мереж. Це пояснюється неможливістю або крайньою складністю створення розумної методики ініціалізації ваг для мереж з одним прихованим шаром, що призводить до далекого від оптимуму набору ваг під час навчання [2].

Одним із методів є ініціалізація за допомогою пошарового навчання, починаючи з нижніх шарів. Як цільову функцію для першого прихованого шару розглядається вхідний вектор ознак. Щоб уникнути тотального перетворення, вхідний вектор зашумлюють. Наступний шар нейронної мережі таким чином навчають відтворювати вихідні сигнали попереднього шару.

Усього в такий спосіб навчають до 5–7 шарів. Після того, як ініціалізація перших шарів проведена, включають стандартний алгоритм зворотного розповсюдження помилки для всієї мережі з цільовою функцією, що відображає належність вхідного сигналу до трифону. Даний підхід показав явну перевагу в порівнянні з класичним підходом з гаусовими сумішами: результати розпізнавання завжди виявлялися кращими, причому багатошарова мережа, навчена на мовному матеріалі в 309 годин мови, показала кращі результати, ніж метод з гаусовими сумішами, навчений на 2000 годинах мови.

Запропонований алгоритм навчання створює систему, що нагадує функціонування слухову. У слуховій системі виявлено нейрони, які реагують на певні події в акустичному сигналі. У міру «поглиблення» сигналу в центральні відділи слухової системи характер ознак, що виділяються спеціалізованими нейронами, набуває все більш складного та вибіркового характеру. Попереднє навчання окремих шарів нейронної мережі, виконує те саме завдання – окремі шари навчаються знаходити ознаки сигналу дедалі вищого рівня.

Якщо внутрішні шари нейронних мереж виділяють ознаки мовного сигналу, притаманні мовленню взагалі, їх можна уніфікувати для всіх мов, навчаючи для кожній новій мові лише вихідний шар нейронної мережі. Це було б надзвичайно важливо, оскільки для навчання

лише одного шару нейронної мережі була б потрібна набагато менша мовна база даних, ніж для навчання всіх 5–7 шарів. Експерименти повністю підтвердили таку можливість.

Оскільки нейронні мережі не можуть ідентифікувати динамічні об'єкти, для порівняння моделей із сигналом, як і раніше, використовується формалізм марківських моделей, проте тепер як вектор ознак використовується набір апостеріорних ймовірностей трифонів, отриманий на виході нейронної мережі. Більш істотним недоліком, властивим даному методу, є те, що глибокі нейронні мережі не можуть розпізнавати динамічні об'єкти, через що їм доводиться використовувати алгоритми марківської моделі. Недоліки марковської моделі досить очевидні: дискретність, чи незалежність послідовних станів друг від друга; відсутність глибоких тимчасових зв'язків, тобто нездатність розпізнавати траєкторії у просторі ознак як інформативні об'єкти.

Можна припустити, що обидва зазначені недоліки можна подолати, використовуючи рекурентних нейронні мережі (РНМ). РНМ містять нейрони, які об'єднані в спрямований круговий процес. Це наділяє нейронну мережу пам'яттю і, отже, здатністю розпізнавати процеси, а чи не лише статичні об'єкти, як розглянуті вище глибокі нейронні мережі. РНМ відрізняються від розглянутих раніше багат шарових тим, що з обробці чергового вектора ознак система враховує також внутрішні стани нейронів, які, своєю чергою, формуються попередніми векторами ознак і станами попередні моменти часу. У цьому сенсі одинична рекурентна нейронна мережа є потужнішим освітою, ніж глибока нейронна мережа. Проте, розглядаються ієрархічні комбінації РНМ та комбінації рекурентних та багат шарових мереж. Це можна пояснити, як і для багат шарових мереж, бажанням структурувати систему, наблизити її до принципів функціонування нервової системи, спростити процедуру ініціалізації та навчання.

ВИКОРИСТАННЯ РЕКУРЕНТНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ. Процесом розпізнавання мовлення складається з мікрофона, за допомогою якого люди можуть говорити, програмного забезпечення для розпізнавання мовлення та комп'ютера для виконання завдання. Основне розпізнавання мовної системи показано на рис. 1.

Для перетворення звукових хвиль в текст його необхідно подати в комп'ютер. Оскільки звукові хвилі є безперервним (аналоговим) сигналом, перше, що потрібно зробити – провести дискретизацію сигналу за допомогою теореми Найквіста. Цей дискретизований сигнал надходить безпосередньо в нашу нейронну мережу, але необхідно виконати попередню обробку сигналу, щоб отримати кращий результат і точні прогнози слів, що розпізнаються. Попередня обробка – це угруповання великого дискретизованого сигналу на невеликі фрагменти по 20 мс, як приклад.

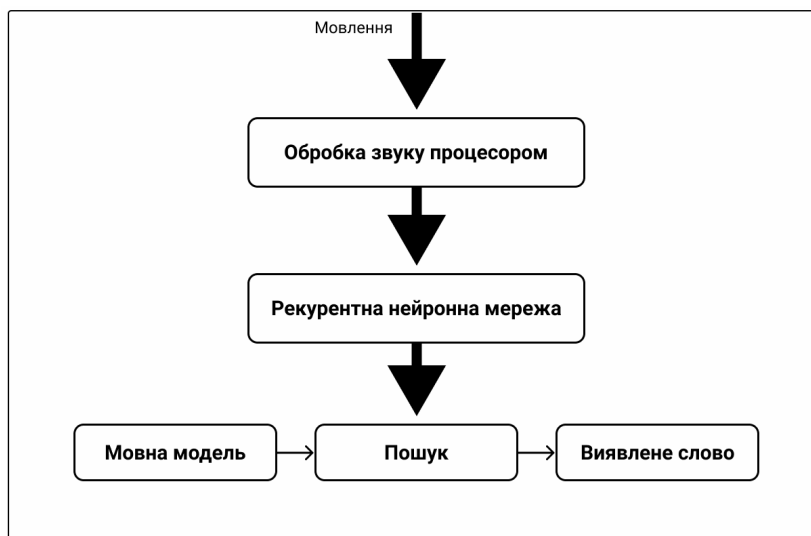


Рисунок 1 – Основне розпізнавання мовної системи

РНМ є основною моделлю розпізнавання мови, що використовується для прогнозування. На рис. 2 показано розпізнавання мовлення з використанням РНМ [3]. Тепер звук, який подається на вхід, легко обробляти, він подаватиметься в глибоку нейронну мережу. Після подачі в мережу невеликих звукових фрагментів тривалістю близько 20 мс, він визначить букву, яка відповідає звуку, що вимовляється.

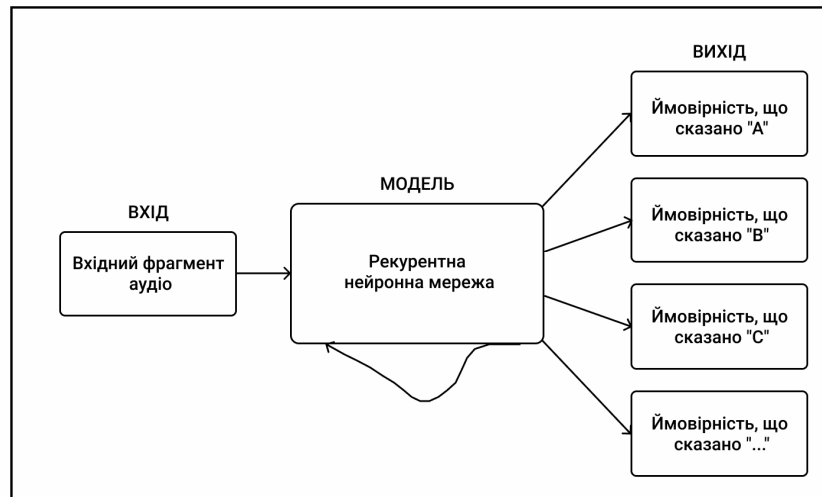


Рисунок 2 – Розпізнавання мовлення з використанням РНМ

RNN – це мережа з пам'яттю, яка визначає майбутні прогнози. Це пов'язано з тим, що, оскільки він передбачає одну літеру, це впливає на ймовірність наступної літеру, яку він також передбачає. Отже, наявність пам'яті про попередні прогнози допомагає мережі робити точніші прогнози в майбутньому.

RNN використовує ідею послідовної інформації, так як ця нейронна мережа має пам'ять, що впливає на майбутні прогнози. Для прогнозів використовується послідовна інформація, що зберігається у пам'яті RNN. Ідея використовувати RNN замість традиційної нейронної мережі полягає в тому, що в традиційній нейронній мережі передбачається, що кожен вхід і кожен результат залежать друг від друга. Отже, використання традиційної нейронної мережі – погана ідея при обробці мови. Передбачення будь-яких слів у реченні вимагає інформації про слово, що використовується до того, як минуле слово обробляється. Наявність пам'яті – одна з особливостей RNN, що робить її унікальною проти іншими мережами. Отже, RNN є найефективнішою для розпізнавання мови.

ЛІТЕРАТУРА

1. Белов Ю. С., Либеров Р. В. Подходы и проблемы распознавания личности по голосу // Электронный журнал: наука, техника и образование. 2015. № 3 (3). С. 68–77.
2. Применение искусственных нейронных сетей для распознавания речевых команд / Г. К. Бердибаева, О. Н. Бодин, Н. В. Громков, В. В. Козлов, К. А. Ожикенов, Я. А. Пижонков // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2017. № 2 (20). С. 77–84. systems. Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries, (4 (14)), 155–168.
3. Aditya Amberkar, Parikshit Awasarmol, Gaurav Deshmukh, Piyush Dave. (2018). Speech Recognition using Recurrent Neural Networks. Conference: 2018 International Conference on Current Trends towards Converging Technologies (ICCTCT). DOI:10.1109/ICCTCT.2018.8551185

Науковий керівник: Євсєєв Владислав В'ячеславович, д.т.н., професор кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки

ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ ДЛЯ КОНВЕЄРНИХ ЛІНІЙ

Шевченко Д. О., Шевченко К. О.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: dmytro.shevchenko3@nure.ua, kateryna.stoianchuk@nure.ua

Дослідження проводиться в області апаратної та програмної частини системи ідентифікації об'єктів на конвеєрній лінії, та вибору необхідних компонентів для цієї системи. Дослідження допоможуть обрати складові частини системи та обґрунтують необхідність використання подібних систем.

Ключові слова: засоби ідентифікації, автоматизована система, конвеєрна лінія.

USAGE OF MODERN IDENTIFICATION METHODS FOR ASSEMBLY LINE

D. Shevchenko, K. Shevchenko

Kharkiv National University of Radioelectronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av.,14

E-mail: dmytro.shevchenko3@nure.ua, kateryna.stoianchuk@nure.ua

The research is carried out in the field of hardware and software of the system of identification of objects on the conveyor line, and the selection of the necessary components for this system. Research will help to choose the components of the system and justify the need for such systems.

Key words: method of identification, automated system, 3D model, assembly line.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. В наші часи кожне підприємство рухається в бік покращень та автоматизації. На підприємствах використовують різні засоби автоматизації, такі як автоматизовані лінії, автоматизують роботу різних приладів за допомогою мікроконтролерних систем, використовують комп'ютерний зір та ін. Засоби автоматизації покращують різні задачі, за які раніше відповідала людина, це дозволяє в рази зменшити кількість необхідних людей на підприємствах. Лінії конвеєрного типу дуже розповсюдженні, тому правильна автоматизація цих ліній є важливою задачею.

АНАЛІЗ КОНВЕЄРІВ. Лінії конвеєрного типу є дуже розповсюдженим пристроєм автоматизації для пересування об'єктів на підприємствах. Конвеєри використовуються майже на кожному підприємстві та розподіляються на:

- роликові – поверхня цього типу конвеєрної стрічки складається з роликів, які обрані відповідно до виробничих вимог, такими як вага або необхідна швидкість руху продуктів, які будуть переміщатися уздовж стрічки;

- пласкі – використовує серію привідних шківів для переміщення безперервного плоского ремня, який може складатися з натурального матеріалу або синтетичної тканини (наприклад, поліестер, нейлон);

- шевронні – стрічкові конвеєри з клином мають в своєму виконанні вертикальні клини або бар'єри. Ці шипи можуть забезпечувати безпеку сипучих матеріалів під час ухилів і ухилів, забезпечуючи рівномірне відстань між предметами і багато іншого.

Конвеєри вирішують завдання автоматизації й оптимізації процесу виробництва і є невід'ємною частиною різних технологічних ліній, наприклад, ліній транспортування руди, вугілля, шихти, обкотитів, фасування або розливу різних харчових і нехарчових продуктів, кондитерських ліній, ліній випічки хлібобулочних виробів [1].

Наявність автоматичної системи керування режимами роботи стрічкового конвеєра розширює можливості підвищення показників надійності, тому що застосування регульованого приводу зі змінною швидкістю транспортування, можливість регулювати

запуск конвеєра, натяг стрічки, розподіляти тягове зусилля між барабанами, дозволяє впливати на термін служби окремих елементів і всього конвеєра в цілому [1].

На рис. 1 зображено типовий стрічковий конвеєр.



Рисунок 1 – Типовий стрічковий конвеєр

Створюючи модульну систему з подібних стрічкових конвеєрів можна створити лінію з функцією сортування об'єктів. Керування конвеєрними стрічками вже є автоматизованим та відбувається за допомогою панелей керування чи персональних комп'ютерів в більш сучасних системах.

АНАЛІЗ ЗАСОБУ ПОКРАЩЕННЯ КОНВЕЄРНОЇ СТРІЧКИ. Покращення вже існуючого обладнання є доступним засобом покращити процес переміщення та сортування об'єктів.

Нерідко, застарілому обладнанню можуть бути забезпечені підвищені техніко-експлуатаційні якості, шляхом конструктивних змін окремих систем і агрегатів [2] чи додавання деяких систем, що не потребує великих витрат, що дозволяє використовувати його з не меншим виробничим ефектом ніж нове.

Засобом для покращення, є додавання мікроконтролерної системи із застосування сучасних технологій для ідентифікації об'єктів. Створення і використання мікроконтролерної системи для конвеєрних стрічок не обмежується їх типом чи розташуванням, оскільки дана система може бути універсальною в розміщенні.

Основною метою використання такої вбудованої системи є можливість ідентифікації об'єктів.

До існуючих засобів ідентифікації об'єктів відносяться:

- комп'ютерний зір – машини та техногії, які можуть проводити, виявляти та визначати об'єкти;
- QR та штрих коди;
- мітки NFC та RFID;
- магнітні картки.

Завдяки системі ідентифікації виробів та автоматичного керування напрямом руху, з'являється можливість використання конвеєрних стрічок для сортування об'єктів, та збирання статистичних даних та збереження їх у базу даних.

ВИБІР КОМПОНЕНТІВ СИСТЕМИ. Основними компонентами системи для покращення конвеєрних стрічок є мікроконтролер, сенсорний модуль та сервер.

Основним компонентом системи (рис. 3) є мікроконтролер, до якого буде підключено

сенсори та який буде керувати обміном даних з сервером. Контролером було обрано ESP-32. Характеристики плати з мікроконтролером:

- процесор Tensilica Xtensa LX6;
- USB-UART: CP2102;
- напруга живлення: 5 В;
- кількість цифрових виходів: 21;
- кількість аналогових виходів: 18;
- робоча частота 80-240 МГц;
- флеш-пам'ять: 4 МБ;
- бездротовий зв'язок: WiFi IEEE 802.11b/g/n;
- підтримувані інтерфейси: SD, UART, SPI, SDIO, LED PWM, Motor PWM, I2S, I2C, IR;
- робоча температура: від $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Сенсорний модуль складається з камери OV2640, яка буде сканувати QR-коди та RFID/NFC V3 для зчитування міток RFID.

Характеристики камери OV2640:

- тип матриці – OV2640 2MP;
- кут огляду: 120 градусів;
- розміри: 12 x 12 x 10 мм.

Модуль RFID/NFC V3 має такі характеристики:

- мікросхема контролера: PN532;
- робоча частота: 13,56 МГц;
- відстань спрацьовування: до 5 см;
- напруга живлення: від 3,3 В до 5,4 В;
- інтерфейси модуля: UART, I2C, SPI;
- габарити модуля: 51 мм x 25,5 мм.

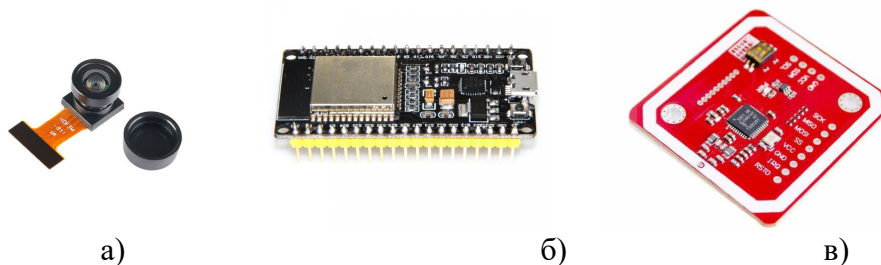


Рисунок 3 – Модулі платформи, де а – камера, б – esp-32, в – модуль RFID/NFC V3.

ОСОБЛИВОСТІ СИСТЕМИ. Використання такої системи потребує додавання ідентифікаторів на об'єкти, які рухаються конвеєрною стрічкою. Для зручності та простоти використання було обрано наліпки з QR-кодом, та в якості додаткового засобу ідентифікації, RFID-мітки. QR-код може містити текстову інформацію, зручну для обробки.

QR-код буде містити певну інформацію про об'єкт на стрічці. Камера необхідно розташувати над лінією, та при зчитуванні коду, контролер буде передавати команду руху направляючих ліній для переміщення об'єкту до відповідного розгалуження конвеєрної системи. Модуль RFID/NFC V3 необхідно встановити поряд з лінією, але даний спосіб ідентифікації буде додатковим. Інформація про кожен сканований об'єкт заноситься до бази даних, яка буде містити інформацію про кількість сканованих об'єктів.

Для розробки програмного забезпечення може бути використано програмне середовище Microsoft Visual Studio Code. Для роботи з платами типу ESP у середовищі VSCode

необхідно встановити додаток-середовище PlatformIO IDE.

PlatformIO – це open-source система для розробки. Ця система підтримує всі основні популярні мікроконтролери: Arduino, PIC32, AVR, ESP32, ESP8266, Raspberry Pi.

ВИСНОВКИ. У роботі було розглянуто лінії конвеєрного типу та засіб їх автоматизації з метою покращення. Було обрано складові частини для системи автоматизації та проведено аналіз переваг інтегрування такої системи. Використання мікроконтроллерної системи покращить конвеєрні стрічки без значних змін та витрат. Така система може бути корисна на будь-яких складах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Спиваковский А.О., Дмитриев В.Г. Теория ленточных конвейеров. М.: Наука, 1982. 190 с
2. Nevliudov, I., Yevsieiev, V., Demska, N. and Starodubcev, N. (2021) Solving the issue of modernization of production equipment using cyber-physical manufacturing control systems. *Innovative technologies and scientific solutions for industries*, (3 (17), pp. 106–116. doi: 10.30837/ITSSI.2021.17.106..
3. Автоматизация работы конвейеров [Электронный ресурс]: [Веб-сайт]. Режим доступа: <http://motorzlib.ru/books/item/f00/s00/z0000004/st017.shtml>

Науковий керівник: Євсєєв Владислав В'ячеславович, д.т.н., професор кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки

УДК 657:005.3

РОЗРОБКА МЕТОДУ ПОБУДОВИ МАРШРУТУ ПЕРЕМІЩЕННЯ РОБОТОТЕХНІЧНОЇ ПЛАТФОРМИ У СИСТЕМІ СКЛАДУВАННЯ

Кулик А. А., Русаков В. В.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: alina.kulyk1@nure.ua, viktor.rusakov@nure.ua,

Дослідження проводиться в області проектування апаратної частини робототехнічної платформи у системі складування. Дослідження у цій області допоможуть визначити переваги цього технічного рішення та доцільність використання шаттлів для систем складування.

Ключові слова: система складування, шаттл, робот, Pallet Runner.

DEVELOPMENT OF THE METHOD OF CONSTRUCTION OF THE ROUTE OF MOVEMENT OF THE WORKING TECHNICAL PLATFORM IN THE STORAGE SYSTEM

A. Kulik, V. Rusakov

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, 14 Nauki Ave.

E-mail: alina.kulyk1@nure.ua, viktor.rusakov@nure.ua,

The research is carried out in the field of designing the hardware of the robotic platform in the warehousing system. Research in this area will help determine the benefits of this technical solution and the feasibility of using shuttles for warehousing systems.

Keywords: warehousing system, shuttle, robot, Pallet Runner.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.

В даний час все частіше на виробництві та в багатьох інших сферах діяльності замінюють роботи. У промисловості використовують стаціонарні роботи для складання, зварювання та фарбування та інших технологічних операцій. Здебільшого промислові роботи є стаціонарними. В інших же сферах, наприклад, розбір завалів, військових дій, розвідки, роботи в особливо небезпечній зоні використовуються мобільні роботи. Таким чином, машина виконує безліч функцій, які раніше виконувала людина, а людині нічого не загрожує. Використовуючи робототехнічні платформи у системах складування можна зменшити кількість нещасних випадків та збільшити кількість об'єктів, що зберігаються.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.

Система складування – це сукупність елементів, які забезпечують формування, просування, перетворення матеріального потоку складі і управління ним.

Головний принцип створення системи складування як основного інструментарію внутрішньоскладської логістики – використання індивідуальних рішень з урахуванням всіх факторів, що впливають на нього, – може забезпечити економічний успіх функціонування складу.

Загальна концепція логістичної системи полягає у її економічності. Економічний успіх забезпечується лише тоді, коли планування та реалізація складської системи відштовхуються від інтересів усієї фірми, будучи лише частиною загальної концепції складу. У результаті рентабельність складу і буде основним критерієм обраної загальної концепції.

Система складування має на увазі раціональне розміщення вантажу на складі та оптимальне управління ним. При створенні системи складування слід мати на увазі всі взаємозв'язки та взаємозалежності між зовнішніми (що входять на склад і що виходять з нього) та внутрішніми (складськими) потоками об'єкта та пов'язані з ними фактори:

- параметри складу;
- технічні засоби;
- особливості вантажу та ін.

Розробка схеми складування базується на виборі оптимальної системи з усіх існуючих систем для вирішення поставленого завдання методом кількісної та якісної оцінки. Цей процес вибору та оптимізації має на увазі виявлення пов'язаних між собою факторів, які систематизуються в кілька основних підсистем.

Отже, система складування включає такі складські підсистеми, як:

- складована вантажна одиниця;
- вид складування;
- обладнання для обслуговування складу;
- система комплектації;
- керування переміщенням вантажу;
- обробка інформації;

Також необхідно відзначити, що кожна підсистема включає цілий ряд елементів (рис.1).

Складана одиниця	Вид складування	Обладнання для обслуговування складу	Комісіювання	Управління переміщенням вантажу	Обробка інформації	"Будівля"
Плоский піддон	Складування по підлозі	Візок	З місць зберігання	Вручну	Вручну	Склад із відкритим небом
Яшиковий піддон	Складування у блоках	Транспортер безперервної дії	У зоні комп-лектації	У місцевому режимі	У пакетному режимі	Плоский звичайний склад
Стійковий піддон	Складування в полицьових стелажах	Вилковий електровізок	Централізована відбірка	У дистанційному режимі	В режимі реального часу	Висотний плоский склад
Касета	Складування у висотних полицьових стелажах	Фронтальний електронавантажувач	Децентралізована відбірка	Від ЕОМ "он-лайн"	Безпосередньо з комп'ютера	Склад із висотною зоною зберігання
	Складування у прохідних стелажах	Електроштабелер повідовий	Динамічне вихідне положення			Багатоповерховий склад
	Складування у гравітаційних стелажах	Електроштабелер для висотних стелажів	Статичне вихідне становище			Склад із стелажно-несучою конструкцією
	Складування на елеваторних стелажах	Кран-штабелер міжстелажний	Одновимірне переміщення			
	Складування на елеваторних стелажах "Патерностер"		Двовимірне переміщення			
	Складування на стелажах, що циркулюють		Вручну			
	Конвеєрне складування		Механічне			

Рисунок 1 – Елементи системи складування

При цьому кількість елементів, що становлять основні підсистеми, може бути досить вагомою, а поєднання їх у різні комбінації ще більше збільшує альтернативність системи. Вибір оптимальної системи складського розміщення має проводитись у такому порядку:

- визначити значення складу у логістичному ланцюгу та його функції;
- визначити загальну спрямованість технічної оснащеності складської системи (тобто визначити її технічну базу – механізована, автоматизована, автоматична);
- визначити завдання, якому буде підпорядковано створення системи складування;
- вибрати елементи кожної складової підсистеми;
- створити комбінації вибраних елементів усіх підсистем;
- зробити попередній вибір конкурентоспроможних варіантів із усіх існуючих;
- провести техніко-економічну оцінку кожного конкурентоспроможного варіанта;
- здійснити альтернативний вибір оптимального варіанта.

Місце складу у складській системі та його функції безпосередньо впливають на технічну оснащеність складу.

Склад зустрічається у різних функціональних галузях логістики:

- постачальницької – такі склади створюються з урахуванням їхньої господарської власності (постачальника, посередника, виробника) та їх можна умовно поділити на 2 групи:
 - склади сировини та матеріалів (вантаж, як правило, у рідкому або сипучому стані) працюють з однорідним вантажем, з великими партіями постачання, щодо постійної оборотності, що дає можливість ставити питання про автоматизовану складську переробку вантажу;
 - склади продукції виробничого призначення (тарних та штучних вантажів). Як правило, це вантажі з високою масою відносно однорідної номенклатури, що вимагають в основному високого рівня механізації та автоматизації складських робіт;
 - виробничі – ці склади пов'язані з обробкою вантажу щодо постійної номенклатури, що надходить і йде зі складу з певною періодичністю та малим терміном зберігання, що

дозволяє домогтися автоматизованої обробки вантажу або високого рівня механізації робіт, що проводяться;

– розподільні. Склади розподільчої логістики, основне призначення яких – перетворення виробничого асортименту в торгове і безперервне забезпечення різних споживачів, включаючи роздрібну мережу, становлять найчисленнішу і в собі різноманітну групу. Вони можуть належати як виробникам, так і оптовій торгівлі:

– Склади готової продукції та розподільні склади виробників у різних регіонах збуту (філійні склади) займаються обробкою тарних та штучних вантажів однорідної номенклатури зі швидкою оборотністю, що реалізуються великими партіями. Це дає можливість здійснювати автоматизовану та високомеханізовану обробку вантажу. Практично це єдина категорія складів розподільчої логістики, де можна порушувати питання доцільності автоматизованої обробки вантажу.

– Склади оптової торгівлі товарами народного споживання переважно забезпечують постачання роздрібною мережою та дрібних споживачів. Такі склади в силу свого призначення концентрують запаси з дуже широкою номенклатурою вантажу та нерівномірною оборотністю (іноді сезонний товар) товару, що реалізується різними партіями постачання (від обсягу менше одного піддону до кількох одиниць піддонів однієї групи товарів).

Одним з інноваційних технологій, розроблених останнім часом для складів, є система зберігання Pallet Runner, яка забезпечує дуже високу щільність зберігання. Її на відміну від інших систем у повноцінному використанні складських площ. Така система вважається оптимальною для роботи терміналів та складів із значним обігом вантажів.

ОСОБЛИВОСТІ СИСТЕМИ PALLET RUNNER. Важливою особливістю даної системи є використання самохідного візка – радіокерованого шатла, який здійснює транспортування вантажів. На відміну від традиційних систем, які вимагають інтенсивної роботи штабелера, шатл може переміщати вантажі, перебуваючи усередині стелажів.

Шатл встановлюється на рейки, передбачені в стелажах, і переміщається ними, реагуючи на команди оператора. Розміри шатла підібрані так, щоб відповідати розмірам піддонів. Оскільки піддони можуть мати кілька варіантів розмірів, випускаються і шатли із різними габаритами.

Шатл є високотехнологічним пристроєм. Він має стійке шасі, а колеса покриті полімерними матеріалами, що забезпечують безшумність руху.

Вага найпоширенішого типу шатлів 370 кг при вантажопідйомності до 1,5 т.

Порожній візок пересувається зі швидкістю 0,9 метра в секунду, з повним навантаженням швидкість трохи падає до 0,75 м/сек.

Підйом та опускання палети вимагає 3 секунди, для цього використовується 4 гідроциліндри, розташовані рівномірно.

Одна зарядка дозволяє працювати шатлу до 20 годин.

Повна зарядка акумуляторів потребує трьох годин.

Шатл можна використовувати при температурах від –30 до +40 °С.

Переваги технології Pallet Runner:

– проста конструкція, що складається із окремих модулів. Її елементи легко ремонтуються та замінюються.

– дистанційне управління. Шатл виконує частину робіт з урахуванням власної програми, частина з допомогою команд оператора.

– відсутність простоїв. Шатл практично завжди затребуваний на складі.

– значна швидкість обробки вантажів. Візок рухається з гарною швидкістю, разом зі штабелером він здатний швидко наповнити прохід піддонами з вантажем.

– можливість функціонування за принципами FIFO та LIFO, що є недоступним для деяких систем зберігання.

– тривала робота від однієї зарядки. При цьому зміна батарей проводиться досить легко протягом декількох хвилин. Витягнуті батареї можна встановити на підзарядку.

- автономність шатлу. Йому не потрібні дроти чи інші способи подачі енергії.
- можливість використовувати самохідний візок у складах із різним температурним режимом, у тому числі й у холодильних складах.
- наявність підйомного пристрою у шатлі. Він спрацьовує швидко і має достатню вантажопідйомність. При цьому підйом проводиться рівномірно, що виключає перекидання та пошкодження вантажу.
- максимальний коефіцієнт використання площі складу. Стелажі заповнюються вантажами з високою швидкістю, що робить оптимальним використанням шатлів на складах з інтенсивним вантажопотоком.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бадагуєв Б.Т. Навантажувально-розвантажувальні роботи. М: Альфа-Прес, 2017
2. Гаджинський А.М. Сучасний склад. Організація, технології, управління та логістика. Навчально-практичний посібник. М: Проспект, 2015.
3. Логістичні транспортно-вантажні системи Підручник для студ. вищ. навч. закладів. / За ред. Апатцева В.І., Левіна С.Б., Ніколашин В.М. М: ІЦ Академія, 2010.
4. <https://skladovoy.ru/avtomatizirovannaya-sistema-ckludskogo-xrneniya-vysokoj-plotnosti-pallet-runner.html>
5. <https://studfile.net/preview/3960786/page:5/>

***Науковий керівник:** Євсєєв Владислав В'ячеславович, д.т.н., професор кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки*

УДК 62.932:007.52

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОТОКОЛУ M2M В КІБЕР-ФІЗИЧНИХ СИСТЕМАХ

Шалько Є. В.

Харківський національний університет радіоелектроніки
Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14
E-mail: yevhenii.shalko@nure.ua

Дана стаття присвячена аналізу сучасної концепції Industry 4.0 в рамках керування процесами на виробничому підприємстві. Проведено аналіз сучасного підходу до автоматизації на базі концепції автоматизації виробництва Industry 4.0 з впровадженням кібер-фізичних виробничих систем. В ході дослідження було проаналізовано роль Industry 4.0 у сучасному підприємстві та архітектури для кібер-фізичних виробничих систем, такі як CPPS 5C та CPPS 8C.

Ключові слова: Industry 4.0, кібер-фізичні виробничі системи (CPPS), керування виробничими процесами.

STUDY OF APPLICATION OF M2M PROTOCOL IN CYBER-PHYSICAL SYSTEMS

Y. Shalko

Kharkiv National University of Radio Electronics
Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av.,14
E-mail: yevhenii.shalko@nure.ua

This article is devoted to the analysis of the modern concept of Industry 4.0 in the process of process management at the manufacturing plant. The analysis of the modern approach to automation based on the concept of automation of production Industry 4.0 with introduction of cyberphysical production systems is carried out. The study analyzed the role of Industry 4.0 in

modern enterprise and architecture for cyberphysical production systems such as CPPS 5C and CPPS 8C.

Key words: Industry 4.0, cyber-physical production systems (CPPS), production process management.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Industry 4.0 є одним із основ поточної індустріальної ери. Дана концепція стала можливою завдяки стрімкому розвитку хмарних технологій, що дозволяє спростити багато задач, такі як управління роботою пристроїв, збиранням даних, забезпеченням інтерактивних можливостей, підтримка зв'язку між різними об'єктами системи та багатьма іншими процесами.

Впровадження концепції Industry 4.0 сприяє значному підвищенню значущості кібернетичного аспекту виробничого процесу, що дозволяє реалізовувати нові підходи до реалізації виробництва як синтезу кібернетичних та фізичних складових – кібер-фізичні виробничі системи управління (CPPS). Крім того в результаті впровадження Industry 4.0 по всьому виробничому ланцюжку стає можливим постійний обмін даними. Що створює оптимальні умови для планування та дозволяє ефективно розподіляти ресурси. Процеси та компоненти можуть бути стандартизовані та взаємопов'язані на цифровому рівні, що робить мрію про «розумне підприємство» реальністю.

З інтеграцією кібернетичної складової до системи роль людини зводиться до керування процесами на фізичному рівні через кібернетичну систему. Але не зважаючи на значно меншу роль людини, дана система дозволяє: автоматично контролювати ТП на фізичному рівні, аналізувати та приймати рішення у масштабі реального часу, накопичувати великий масив технологічних даних. За рахунок цього відбувається вдосконалення керування виробничими процесами, де основною функцією людини є моніторинг та керування експертними даними.

Кібер-фізична система є складною розподіленою системою, керованою або контролюваною комп'ютерними алгоритмами, характерною рисою такої системи є тісне інтегрування з Інтернет та його користувачами. Технологічною основою кібер-фізичних систем є технологія інтернет-речей (Internet of Things, або IoT). У системах CPPS фізичні та програмні компоненти тісно взаємопов'язані.

З кожним роком підвищується рівень складності завдань управління, що зумовлює застосування принципово нових методів та систем управління. Кібер-фізичні системи дозволяють здійснюють обчислювальні процедури у своїй розподіленій структурі, які включають «розумні вузли» з можливістю реконфігурування потоків мережі залежно від умов. Тобто кібер-фізичні системи дають можливість інтелектуальної обробки та реконфігурації потоків за рахунок інтелектуального управління. CPPS застосовує трансдисциплінарні підходи, поєднуючи теорію кібернетики, мехатроніки, проектування та науки про процеси. Управління процесом часто називають вбудованими системами (embedded systems). Дані системи в основному спрямовані на розвиток обчислювальних елементів та меншою мірою на інтенсивному зв'язку між обчислювальними та фізичними елементами. CPPS та технологію «Інтернет речей», використовують ту саму базову архітектуру. Однак CPPS є більш високою комбінацією та координацією між фізичними та обчислювальними елементами.

Виробничі підприємства є однією з основних галузей у яких впровадження CPPS є одним з першочергових завдань, що обумовлено великою кількістю та складністю завдань. У виробничих системах кожен компонент може працювати різних просторових і тимчасових масштабах, виявляти безліч різних поведінкових модальностей, і навіть взаємодіяти один з одним безліччю способів залежно від контексту. Впровадження кібер-фізичних систем допоможуть покращити виробничі процеси, забезпечуючи обмін інформацією реального часу між промисловим обладнанням, виробничим ланцюжком поставок, постачальниками, системами управління бізнесом та клієнтами. Крім того, кібер-фізичні системи можуть

підвищувати ефективність цих процесів завдяки автоматичному моніторингу та контролю всього виробничого процесу та адаптації виробництва для задоволення переваг клієнтів. Кібер-фізичні системи підвищують прозорість та керованість ланцюжків поставок, покращуючи відстежуваність та безпеку товарів.

З появою поняття CPPS було висунуто кілька варіантів архітектур, наприклад CPPS 5C та CPPS 8C. CPPS 5C являє собою п'ятирівневу архітектуру, яка складається з рівнів: «Розумне підключення», «Перетворення даних в інформацію», «Кібер», «Пізнання» і «Конфігурація». Загальний вигляд архітектури CPPS 5C представлений на рис. 1.

На першому рівні «Розумне підключення» розглядається задача отримання точних і надійних даних, для чого пропонується використовувати машини і їх компоненти. Для збору різних параметрів протікання ТП виробництва виробів повинні використовуватися різноманітні датчики в режимі реального часу.

«Перетворення даних в інформацію» призначений для перетворення отриманих даних в інформацію. Цей рівень розглядається з позиції, що деякі пристрої у ланцюгу виробництва можуть реалізовувати функції прогнозування і моніторингу зносу обладнання – це вносить поняття якості «інтелекту».

«Кібер» являє собою інформаційний центр, який збирає масив інформації з обладнання в промислову мережу. Крім того на цьому рівні за необхідності додаткові аналітичні данні витягуються із зібраної інформації. Аналітична інформація може застосована для прогнозування і планування виробництва, для досягнення необхідних заданих параметрів LP.

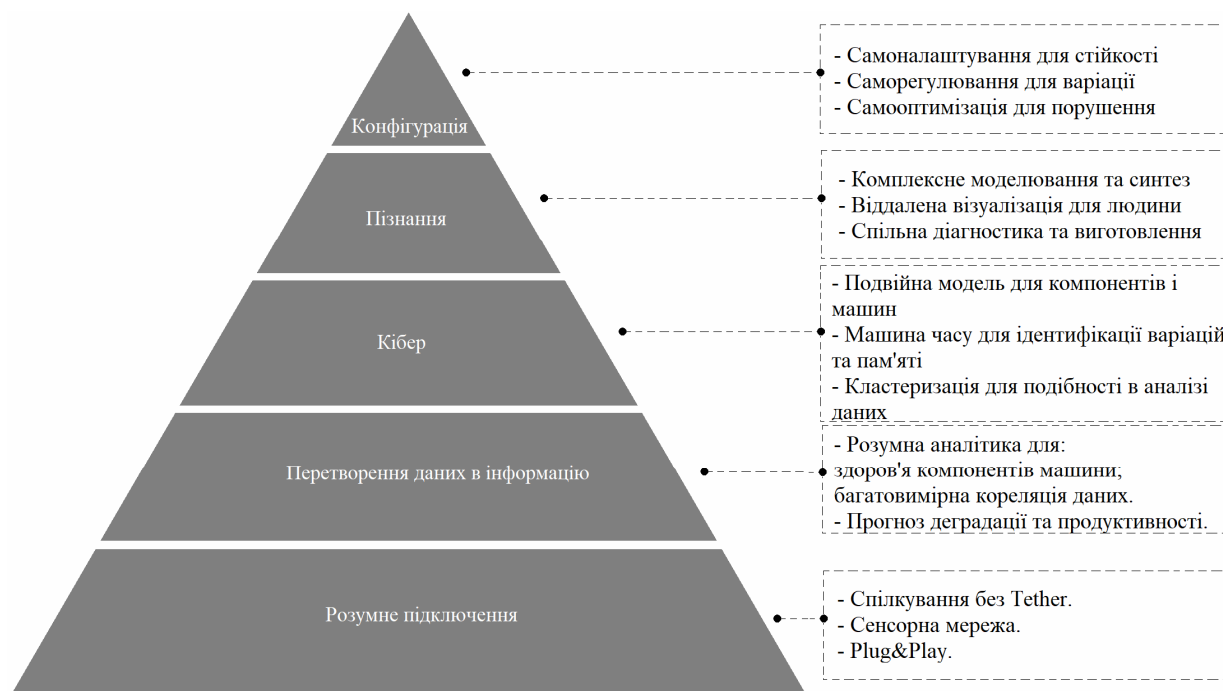


Рисунок 1 – Загальний вигляд архітектури CPPS 5C

Рівень «Пізнання» призначений для подання аналітичної інформації безпосередньо операторам для прийняття виробничих рішень. Цей рівень дає можливість дистанційної та колективної діагностики й прийняття рішень в умовах виробництва. Пріоритет завдань для процесу обслуговування може бути легко визначеним завдяки наявності порівняльної інформації та індивідуального стану групи або одичного обладнання.

Рівень «Конфігурація» повертає зворотний зв'язок від «Кібер» рівня до «Розумне підключення», тобто виконує диспетчерське управління, яке дозволяє зробити обладнання самоконфігурованим, самоналаштуваним і самооптимізуваним. Рівень діє як система контролю стійкості (RCS), щоб застосувати засоби управління для відповідних рішень на рівні контрольованого обладнання.

Архітектура CPPS 8C утворюється шляхом додавання в архітектуру 5C граней 3C (рис. 2).

Аспекти запровадження граней 3C представлена як: інтеграція, замовник і зміст. Ця архітектура підкреслює горизонтальну інтеграцію CPPS, як взаємозв'язок різних сторін і пов'язану з ними інформаційну складову. Також грані дозволяють виділити найважливішу сторону, а саме участь клієнта в керування процесами виробництва. Проведемо аналіз кожної введеної грані 3C:

«Інтеграція» грань, що відповідає за інтеграції ланцюжка створення вартості і інтеграції виробничого ланцюжка між різними сторонами, залученими у виробничий процес.

«Замовник» грань, яка фокусується на роль, яку клієнти грають в процесі виробництва і післяпродажного обслуговування виробу. Клієнти або індивідуальний покупець, можуть брати участь при розробці і навіть у зміні технічних характеристик виробу в процесі виготовлення.

Це досягається за допомогою концепції виготовлення виробу. Тобто підприємство може автоматично підготувати матеріал, провести гнучке планування виробничого процесу, динамічно переналаштувати виробничі лінії і організацію зберігання і доставки виробу. Замовники можуть бути повідомлені про виробничі процеси, отримуючи звіти на електронну пошту.

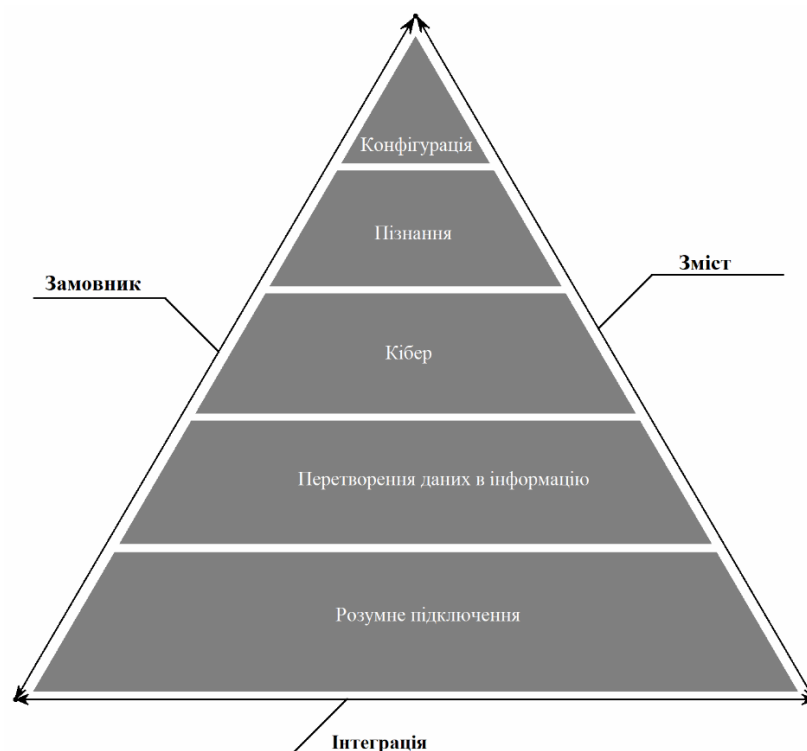


Рисунок 2 – Архітектура CPPS 8C

«Зміст» грань, в якій вся увага спрямована на отримання, зберігання інформації про товари. Вся виробнича інформація зберігаються в БД. Всі виробничі процеси контролюються на етапах післяпродажного обслуговування, тобто технічне обслуговування, заміна деталей, усунення несправностей, утилізація, скарги, пропозиції та коментарі користувачів, вважаються важливими даними і зберігаються в БД.

Дана грань може допомогти досягти повного сервісного обслуговування виробу, аналізуючи всі отримані дані, а не тільки виробничий процес, що дозволяє замовнику та виробнику відстежувати тенденції ринку, проводити аналіз і прогнозувати його попит для кожного виробу.

За трьома додатковими гранями, архітектура 8C орієнтована на вертикальну і горизонтальну інтеграцію, при тому це рішення приділяє велику увагу ЖЦ виробу на етапах сервісного обслуговування.

ВИСНОВКИ. В даній статті було проведено аналіз концепції Industry 4.0, як синтезу кібернетичних та фізичних складових, тобто кібер-фізичні виробничі системи управління, впровадження яких дозволяє контролювати різні фізичні процеси і приймати децентралізовані рішення різних завдань. В ході аналізу було виявлено, що розробка і впровадження кібер-фізичних виробничих систем вимагає рішення багатьох проблем, пов'язаних з обробкою даних, наприклад зберіганням, доступом, безпекою та інших, а також з обміном даними між частинами системи. Одним з найпоширеніших методів вирішення цих проблем є використання технології M2M (Machine-to-machine), яка дозволяє відстежувати параметри і стану компонентів пристроїв, з'єднаних за допомогою дротових або бездротових технологій для обміну даними, як в двосторонньому, так і в односторонньому порядку.

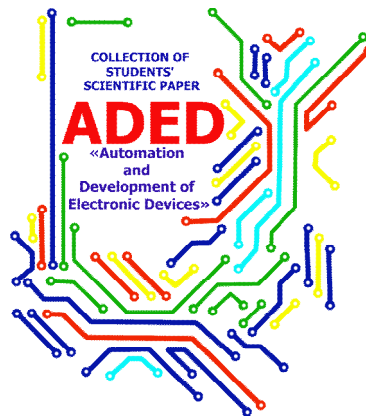
ЛІТЕРАТУРА

1. Nevliudov I., Yevsieiev V., Maksymova S., Filippenko I. Development of an architectural-logical model to automate the management of the process of creating complex cyber-physical industrial systems. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Vol 4. No 3(106). С.44–52. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.210761.
2. Lu, Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. Journal of industrial information integration, Vol. 6, P. 1–10, DOI:10.1016/j.jii.2017.04.005.
3. Lu, Y., & Xu, X. (2019). Cloud-based manufacturing equipment and big data analytics to enable on-demand manufacturing services. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Volume 57, P. 92–102 DOI:10.1016/j.rcim.2018.11.006..
4. B. Vogel-Heuser, C. Diedrich, and M. Broy: Anforderungen an CPS aus Sicht der Automatisierungstechnik. In: at -Automatisierungstechnik 61 (2013), No. 10, pp. 669–676.
5. M. Riedl, M. Meier, H. Zipper, and C. Diedrich: Automation Meets CPS. In: IFAC Workshop on Intelligent Manufacturing Systems (IMS) 2013, pp. 216–221.

Науковий керівник: Владислав В'ячеславович Євсєєв, д.т.н., професор кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки.

АЛФАВІТНИЙ СПИСОК

А		П	
<i>Алешко К.</i>	8,14	<i>Посашков О. Ю.</i>	70
<i>Андрєєв А.С.</i>	89	<i>Прокопенко Д.І.</i>	139
<i>Адамцев Д.Ю.</i>	139	<i>Пилипенко В.М.</i>	183
Б		Р	
<i>Баканов Д. Ю.</i>	19	<i>Рогачов А.С.</i>	74
<i>Білоус М. Ю</i>	22,66	<i>Рубльов П.К.</i>	135
<i>Божко П.М.</i>	26	<i>Русаков В. В.</i>	191
<i>Борисовський А.С.</i>	32	С	
<i>Бєлов П.О.</i>	93	<i>Сідаш В. В.</i>	78
<i>Буць Д.</i>	112,116,121	<i>Стеценко К.В.</i>	93,97
<i>Барасій В.В.</i>	143	<i>Сидоренко А.</i>	108,112
<i>Боклаг Д.К..</i>	150	<i>Скрипкін А.А.</i>	158
<i>Бадаєв О.С.</i>	147	Т	
В		<i>Ткалін Д.А.</i>	100
<i>Візір Ю.С.</i>	36,39	Х	
Г		<i>Хобот М.В.</i>	162
<i>Гаракян М. Г.</i>	43	Ц	
<i>Гаврик С. С.</i>	175	<i>Цапля Б.О.</i>	104
<i>Гніденко О.Ю.</i>	147	Ш	
Д		<i>Шалько Є.В.</i>	195
<i>Дерев'янка І.</i>	39,108	<i>Шило Н.</i>	108,112
З		<i>Шостенко С.</i>	116,121
<i>Здорик Н. В.</i>	167	<i>Шабалін А.О.</i>	135
І		<i>Шевченко М. П.</i>	167
<i>Іванцов О.С.</i>	53	<i>Шевченко Д.О.</i>	188
<i>Ігнатенко Д.В.</i>	58	<i>Шевченко К.О.</i>	188
К		Я	
<i>Конєва А. І.</i>	85	<i>Яртемик Є. А.</i>	125
<i>Кострова Г. Ю.</i>	175		
<i>Кулик А. А.</i>	191		
Л			
<i>Лясковка Я.І.</i>	131		
М			
<i>Мажара А.Є.</i>	63		
<i>Медова К.Г.</i>	22,66		
Н			
<i>Ничипоренко Ю.Ю.</i>	155		



[електронне видання]

Відповідальний редактор: д.т.н., проф. Євсєєв В.В., к.т.н., доц. Демська Н.П.

Рекомендовано рішенням Науково-технічної ради
Харківського національного університету радіоелектроніки
протокол №6 від 29.11.2018

Рекомендовано рішенням Вченої ради
факультету Автоматики і комп'ютеризованих технологій
Харківського національного
університету радіоелектроніки
протокол № 4 від 23.12.2021

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2021) [Електронний ресурс]: збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки ; [редкол.: І.Ш. Невлюдов та ін.]. – Харків : ХНУРЕ, 2021. – Вип. 2. – 201с.

COLLECTION OF STUDENTS' SCIENTIFIC PAPER «AUTOMATION AND DEVELOPMENT OF ELECTRONIC DEVICES» ADED-2021 Part 2 (Key infrastructure 2021) – Kharkiv/ The Editorial.: Nevlyudov I. (head), that all. Kharkiv: Kind of Kharkiv National University of Radio Electronics [electronic edition], 2021.– 201p. with.

Збірник містить наукові статті здобувачів першого (бакалаврського), другого (магістерського) рівнів вищої освіти кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАМ) Харківського національного університету радіоелектроніки, кафедри Інформаційних технологій електронних засобів (ІТЕД) Запорізького національного технічного університету та кафедри Електронних апаратів (ЕА) Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського які навчаються за спеціальностями: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, 172 Телекомунікації та радіотехніка, 171 Електроніка та 163 Біомедична інженерія. Статті надані в авторській редакції.