

ДОДАТОК А

Апробація результатів наукових досліджень

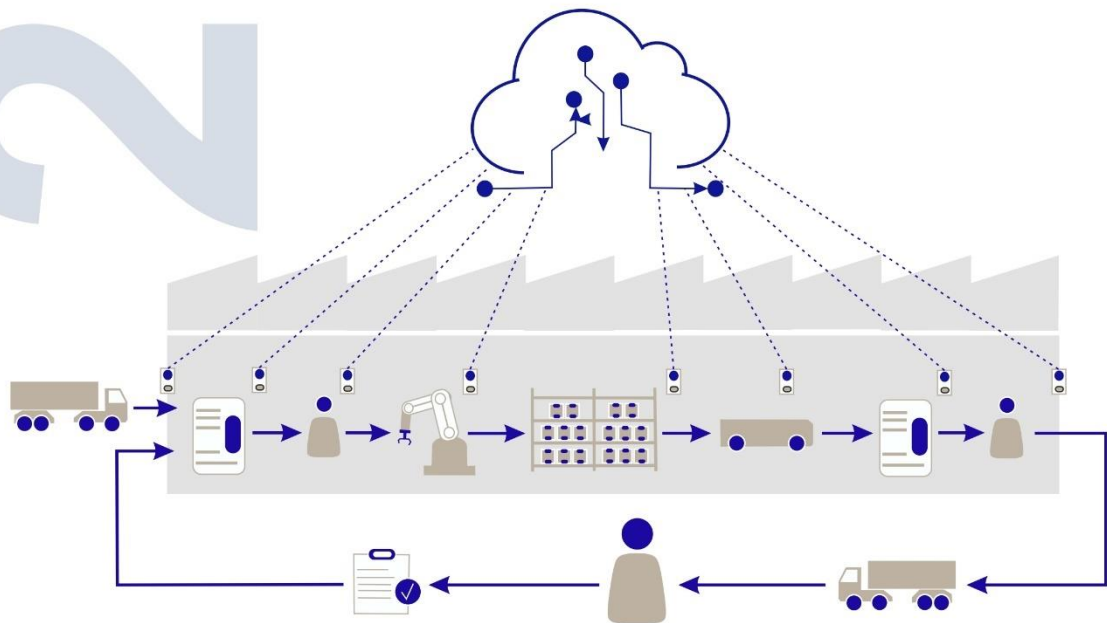
<https://nure.ua/>

кафедра
Комп'ютерно-інтегрованих
технологій, автоматизації та мехатроніки

ХНУРЕ

ЗБІРНИК

студентських наукових статей
«Автоматизація та приладобудування»
ADED-2022
(Випуск 2)
[електронне видання]



Industry 4.0



The Ministry of
Education and Science
of Ukraine

<https://nure.ua/>

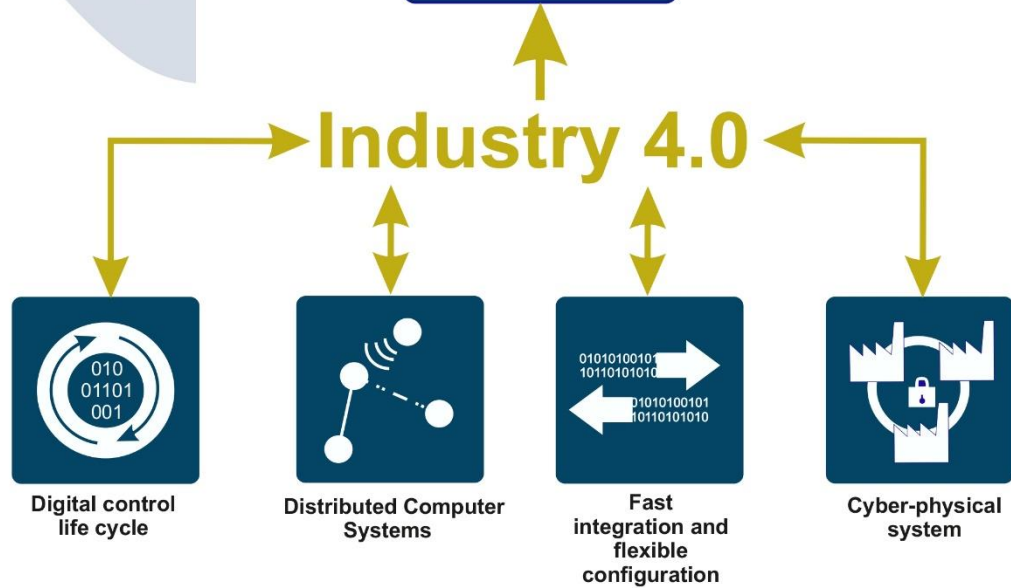
Kharkiv National
University of
Radio Electronics

KITAM

2022

COLLECTION OF STUDENTS' SCIENTIFIC PAPER

«Automation and Development of Electronic Devices»
ADED-2022
(Part 2)



- 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, зам. директора Державного підприємства «Південний державний проектно-конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості».
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
Демська Наталія Павлівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.
Фурманова Наталія Іванівна, кандидат технічних наук, доцент, в.о. декана факультета Радіоелектроніки і телекомунікацій, Національного університету «Запорізька політехніка».
- 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-2022) [Електронний ресурс] : збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки ; [редкол.: І.Ш. Невлюдов та ін.]. – Харків : ХНУРЕ, 2022. – Вип. 2. – 196с.

COLLECTION OF STUDENTS' SCIENTIFIC PAPER «AUTOMATION AND DEVELOPMENT OF ELECTRONIC DEVICES» ADED-2022 Part 2 (Key infrastructure 2022) - Kharkiv/ The Editorial.: Nevlyudov I.Sh. (head), that all. Kharkiv: Kind of Kharkiv National University of Radio Elektronik [electronic edition], 2022. – 196p 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 № 2 від 02.12.2022

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.

©ХНУРЕ, 2022 рік

ЗМІСТ

<i>Гриценко Є.М.</i> Розробка маніпулятора для подачі деталей до лінії штампування	7
<i>Коротєєв Д.Р.</i> Огляд і аналіз методів 3D сканування. Аналіз методів реверс-інженерінгу	15
<i>Плотніков К.С.</i> Проектування конструкції маніпулятора робота для автоматизації аптечного складу ...	20
<i>Поддубняк І.А.</i> Аналіз сучасних мобільних платформ наземних пошукових роботів	27
<i>Сахаров М.С.</i> Моделювання багатшарових магнітних екранів	33
<i>Світайло Д.М.</i> Аналіз методів детектування вибухонебезпечних предметів	40
<i>Андрєєв А.С.</i> Аналіз особливостей розробки Web-додатків	45
<i>Вінниченко С.О.</i> Аналіз проблем при розробці Web –додатків	50
<i>Зарубін І.С.</i> Особливості та різновиди сучасних роботизованих платформ	55
<i>Кожухаренко С.О.</i> Аналіз структурних та функціональних особливостей комплексу завдань обліку відвідуваності занять у ВНЗ	61
<i>Консва А.І.</i> Перспективи застосування сучасних систем автоматизації	65
<i>Олінкевич Я.В.</i> Особливості проєктів на PHP та MYSQL	72
<i>Сторожук В.А., Вісковатов М.А.</i> Автоматизовані системи моніторингу виробничих процесів	76
<i>Стеценко К.К.</i> Розробка структурної схеми мобільного маніпуляційного робота	83
<i>Стрельцов О.А., Шкарупа А.О.</i> Аналіз особливостей сонячних батарей	89
<i>Толстий М.В.</i> Розробка програмно-технічного комплексу системи намотування дротів	95
<i>Шкарупа А.О., Стрельцов О.А.</i> Аналіз особливостей сучасних ВЕБ-додатків	102
<i>Шматко С.В.</i> Розробка структурної схеми системи управління на базі ESP8266	108
<i>Nienova D.V.</i> Automated formation of data about temperature dependencies of material's thermal characteristics	111
<i>Руденко І.В.</i> Основні напрямки застосування автоматизованих систем управління технологічними процесами	117
<i>Лучанінова О.Ю.</i> Робот-маніпулятор з м'яким захопленням	122
<i>Боков О.Г.</i> Аналіз архітектури сучасних веб-додатків	127

<i>Готовська А.В., Буць Д. Є.</i>	
Система підтримки прийняття рішень для управління виробничим процесом	130
<i>Редькін К.С., Жердєв М. В.</i>	
Аналіз технологій створення гнучкої електроніки та сфер її використання	133
<i>Иценко М. Д., Білоус М. Ю.</i>	
Аналіз життєвого циклу та процесу розробки web-додатків	139
<i>Сухомлінова Д. А.</i>	
Аналіз сучасних технологій ASP.NET WEB FORMS та MVC для Web-додатків	143
<i>Білоус М.Ю., Иценко М.Д.</i>	
Методологія KANBAN для розробки програмного забезпечення	147
<i>Руденко В.О.</i>	
Аналіз будови роботизованих риб та їх переміщення у воді	151
<i>Буленко О.</i>	
Удосконалення методу визначення біологічних параметрів пілота під час польоту	156
<i>Волков В.</i>	
Удосконалення методу діагностики шлунково – кишкового тракту за допомогою капсульної ендоскопії	161
<i>Довженко В.</i>	
Аналіз методів моніторингу артеріального тиску	166
<i>Головко М. А.</i>	
Аналіз типів систем для хмарного зберігання даних	171
<i>Корхов Д.М.</i>	
Розробка механічної частини багатофункціонального верстата з ЧПУ	175
<i>Бєлий Я.В., Савченко П.М.</i>	
Розробка макету промислового маніпулятора на базі Arduino Uno	181
<i>Головіна В.С.</i>	
Аналіз будови гусеченого пошуково-рятувального робота	186
<i>Савченко П.М., Бєлий Я.В.</i>	
Розробка мікропроцесорної системи управління промислового маніпулятора	191
Алфавітний список	195

УДК 519.68.

РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ СИСТЕМИ НАМОТУВАННЯ ДРОТІВ

М.В. Толстий

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

Анотація: У даній роботі проведено розробку програмно-технічного комплексу для намотування дротів з різних матеріалів та різним діаметром з товщиною до 10 мкм. Запропоновано конструкцію пристрою, яка складається з блоку керування на базі мікроконтролера Arduino Nano та виконуючого блоку. Проведене дослідження дозволило розробити структурну та функціональну схеми, алгоритм роботи ПТК. При розробці пристрою використано різні компоненти для визначення оберту чи кінцевого положення, а також проведено підбір компонентів, необхідних для коректного функціонування та зручного інтерфейсу користувача.

Ключові слова: автоматизація, алгоритм, мікрокрок, намотування, ПТК, точність, укладання дроту, ЧПУ.

DEVELOPMENT OF THE SOFTWARE AND TECHNICAL COMPLEX OF THE WIRE WINDING SYSTEM

M. Tolsty

Kharkiv National University of Radioelectronics
Ukraine, 61166, Kharkiv, 14 Nauky Ave
E-mail: mykhailo.tolsty@nure.ua

Abstract: In this work, the development of a software and technical complex for winding wires of different materials and different diameters with a thickness of up to 10 μm was carried out. The design of the device is proposed, which consists of a control unit based on the Arduino Nano microcontroller and an executive unit. The conducted research made it possible to develop structural and functional schemes, an algorithm of PTK work. During the development of the device, various components were used to determine the rotation or final position, as well as the selection of components necessary for correct functioning and a convenient user interface was carried out.

Key words: automation, algorithm, microstep, winding, PTK, precision, wire laying, CNC.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Автоматизація, як вища стадія механізації є головним і вирішальним напрямом подальшого розвитку техніки і найважливішим засобом подальшого підвищення продуктивності праці. Автоматизація технологічних процесів на виробництві сприяє поліпшенню продуктивності праці, зниження собівартості продукції, підвищенню якості продукції, матеріалів, економії електроенергії. Тому розробка системи автоматизації намотування дроту є досить актуальним питанням.

Багато автоматизованих комплексів включають в свою систему послідовні технологічні операції. Технологічний процес починається з встановлення матеріалу на вал подачі. Також на пристроях такого типу присутнє укладальне обладнання, що забезпечує укладання широко спектру матеріалів з високою точністю.

Автоматизація виробничих процесів веде не тільки до вдосконалення виробництва і загального поліпшення умов праці, а й до підвищення рентабельності виробництва, зменшення витрат. Вона також сприяє культурному та технічному зростанню кадрів, що

обслуговують автоматизовані установки, поліпшенню умов праці, звільняє людей від монотонної та одноманітної праці.

ОСНОВНА ЧАСТИНА. Завдання механізації намотування рядових котушок було вирішено відносно швидко: ручний або електричний привід обертає намотувальний каркас, а механічно пов'язаний з основним приводом розкладник розподіляє витки по довжині із заданим кроком. Більш складним завданням виявилася намотування тороїдальних сердечників. Перевага тороїдальних моткових (трансформаторів, котушок індуктивності, синфазних дроселів) в тому, що практично все магнітне поле, яке створюється струмом у провіднику, зосереджено всередині сердечника-магнітопроводу. Тому поле витоків, що впливає на сусідні електронні вузли, для них мінімальне. Винахід намотувальної головки зі спеціальним магазином, що обертається, вирішило і це завдання.

Сучасне намотувальне обладнання здатне працювати з великою номенклатурою матеріалів: дротиками з металів та їх сплавів, металевими шинами прямокутного перерізу, нитками та стрічками із полімерних та неорганічних матеріалів.

Сьогодні намотувальний верстат (НВ) – це машина з керуванням від програмованого логічного контролера, яка може виконати намотування в автоматичному або покроковому режимі. Другий режим потрібен у випадках, коли оператору потрібно, наприклад, намотати другу обмотку трансформатора іншим проводом, проклавши з-поміж них кілька шарів лакової тканини.

Стандартна кількість програм, що зберігаються в пам'яті, становить від 50 до 100 одиниць, але ця кількість може бути збільшена при необхідності за рахунок заміни контролера моделлю з великим обсягом пам'яті на заводі-виробнику. Невід'ємним елементом намотувального обладнання є система натягу намотувального матеріалу, що забезпечує щільність укладання витків і одночасно запобігає його пластичній деформації та подальшому обриву.

Система фіксації каркаса визначається його формою і може містити трикулачковий патрон, конусні центрувальники, роликові затискачі, секторні утримувачі або інші засоби.

Швидкість намотування визначається формою каркаса і жорсткістю матеріалу, що намотується. Якщо намотування тонкого дроту на циліндричний каркас може бути виконана зі швидкістю до 6000 витків/хв, то швидкість намотування мідної шини на прямокутну оправку зазвичай не перевищує 100 витків/хв.

Пристрій намотуванні дроту (ПНД) має забезпечувати швидку та точну роботу заради економії електроенергії, часу та високої якості котушки. При макету ПНД потрібно звернути увагу на необхідність зручного та інтуїтивно зрозумілого для користувача інтерфейсу. Також необхідно реалізувати функцію запам'ятовування останніх налаштувань при відключенні живлення.

Виходячи з аналізу існуючих верстатів, доцільно буде використовувати систему з укладальником, що буде переміщуватись по горизонтально розташованим направляючим, валом для розташування вихідної котушки чи бабіни з дротом, головної осі обертання намотуваної котушки та окремим блоком управління для всієї системи.

Для вибору приводу переміщення укладальника по горизонтальній осі необхідно враховувати швидкість обертання, крок зсуву валу привода та обертальний момент, оскільки привід з великим обертальним моментом може при зсуві обірвати дріт. Швидкість обертання потрібно виставляти відповідно до режиму роботи верстата, адже при укладанні дроту більшого діаметру можна використовувати більшу швидкість валу обертання котушки та більшу швидкість зсуву укладача.

Принцип роботи такого пристрою полягає в наступному: вал, на якому встановлений каркас трансформатора, кінематично з'єднаний з валом, яким переміщається укладач дроту. Укладач дроту має втулку, всередині якої нарізане різьблення. При обертанні валу втулка переміщається і рухає за собою напрямний пристрій для дроту. Швидкість обертання валу котушки визначається програмно чи апаратно, а швидкість переміщення укладача залежить

від швидкості обертання валу укладача. Напрямок укладання змінюється програмно при досяганні межі укладки дроту. Обертання валу з каркасом можна здійснювати кроковим двигуном чи іншим двигуном постійного чи змінного струму.

Проведений аналіз дозволяє розробити структурну схему пристрою, яка наведена на рисунку 1.

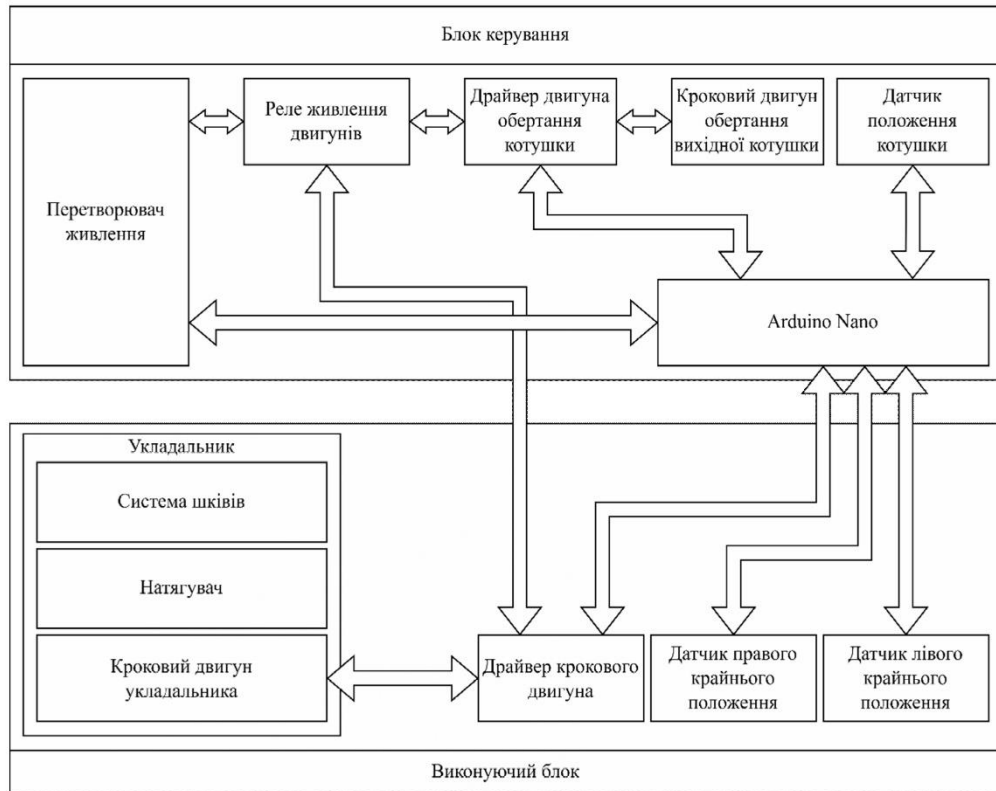


Рисунок 1 – Структурна схема автоматизованого пристрою намотування дроту

Як можна бачити з наведеного рисунку, пристрій складається з блоку керування та виконуючого блоку. Укладальник являє собою систему шківів, натягувача та крокового двигуна з передачею гвинт-гайка.

На початку роботи, котушка, що містить дріт, встановлюється на вал для подальшого обертання та зняття з неї дроту для намотування. Після цього, дріт протягується через систему шківів з натягувачем, для компенсації різниці сили натягування в певному положенні котушки що намотується. Після регулювання системи шківів дріт протягається та фіксується на кінцевій котушці, що обертається завдяки двигуну, вмонтованому в блок керування. Укладальник встановлений на горизонтальні напрямні, що зображені світло-зеленим кольором на рисунку 2.

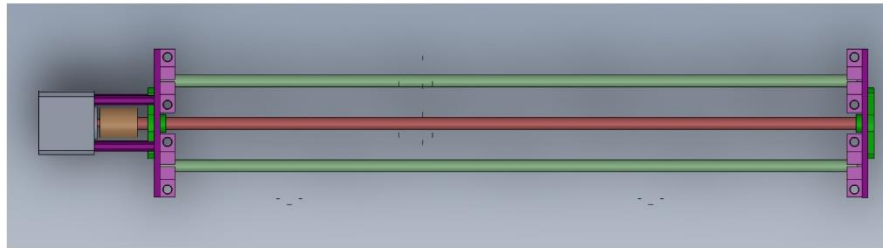


Рисунок 2 – Напрявні укладальника

Укладальник – це складова ПНД з високою точністю, а це значить, що всі вузли у системі укладальника мають бути точними та з мінімальними відхиленнями. Для поступальних переміщень з використанням КД використовується передача “гвинт-гайка”, де гвинт приєднується муфтою до крокового двигуна а гайки жорстко закріплюються на укладальнику.

Для переміщення по напрямних, укладальник має містити у собі гайку, що має бути розташована уздовж каретки укладальника]. Замість гайки було доцільно використати деталь, що має внутрішню різьбу, адже використання такої деталі запобігатиме люфту при переміщенні каретки. Каретку укладальника з закріпленою деталлю зображено на рисунку 3.

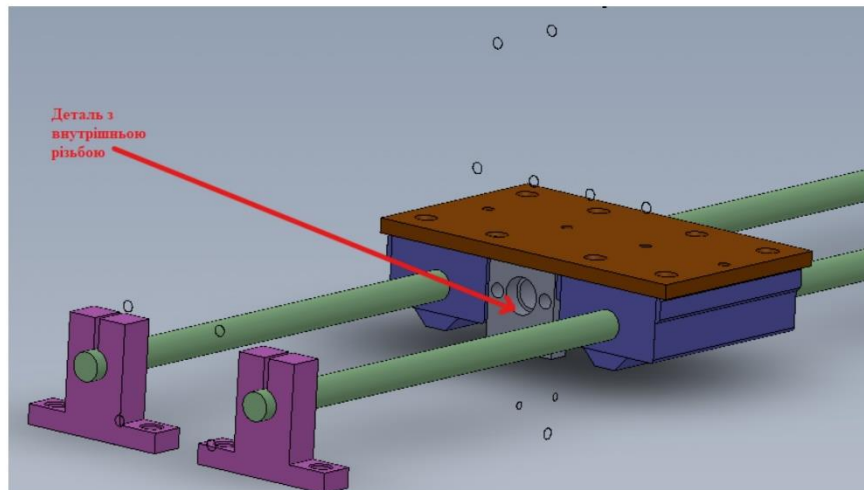


Рисунок 3 – Каретка укладальника з деталлю

РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ ТА ПРОГРАМИ КЕРУВАННЯ.
У даній функціональній схемі (рис. 4) зображено модуль керування, котрий розраховує кількість імпульсів для керування КД за допомогою драйверів. З клавіатури оператор вводить необхідну кількість витків та обраний діаметр дроту. Ці дані оброблюються модулем керування та генерується кількість імпульсів, необхідна для виконання операції. Ці імпульси передаються до драйверів КД, котрі в свою чергу керують живленням фазних обмоток КД і тим самим, забезпечують точність їх роботи.

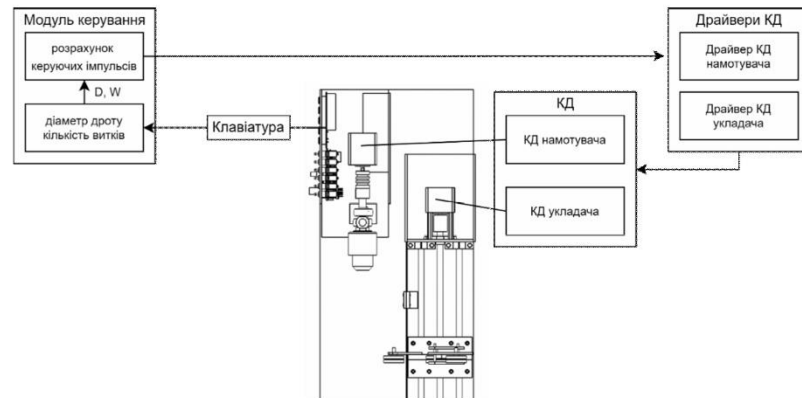


Рисунок 4 – Функціональна схема пристрою

Макет пристрою містить програмований контролер, отже необхідно розробити алгоритм керування для цього контролера, а також пристроїв що для нього підключені (рис. 5).

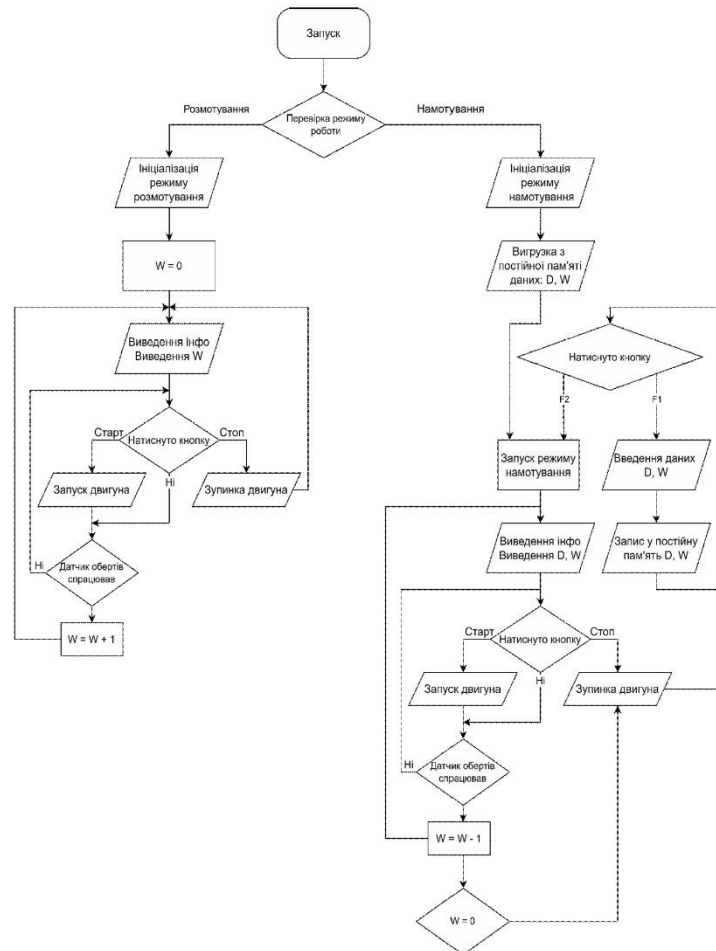


Рисунок 5 – Алгоритм роботи макету ПНД

Під час запуску системи, перевіряється встановлений режим роботи, якщо це “Намотування” – ініціюється основний пункт меню під назвою F2, та вивантажуються з постійної пам’яті змінні D і W, що відповідають за діаметр дроту та кількість витків відповідно, встановлені у попередній конфігурації. Цей пункт меню виводить інформацію до дисплею, і відображує кількість витків що буде намотана на котушку та діаметр намотуваного дроту. При натисканні кнопки Старт – запускаються двигуни і починається процес намотування. Під час процесу датчик обертів фіксує оберт котушки та віднімає одиницю від W. Процес зупиниться при виконанні одної з умов: або натиснута кнопка Стоп, або W дорівнює нулю. При повторному натисканні кнопки F2 буде встановлено значення змінної W, і W дорівнюватиме вивантаженому з постійної пам’яті. При натисканні кнопки F1 буде ініційовано однойменне меню та процес введення даних у змінні D та W, а також запис цих даних до постійної пам’яті. Після введення даних буде викликано меню F2.

Якщо під час запуску системи встановлено режим “Розмотування” – ініціюється режим F3. Цей режим відображає кількість витків, котра збільшується на одиницю після оберту валу намотувача. КД почне обертати вал при натисканні кнопки Старт, а зупинить при натисканні кнопки Стоп.

ПТК у готовій збірці блоку намотування зображено на рисунку 6.



Рисунок 6 – ПТК намотування дроту

РОЗРАХУНОК ТОЧНОСТІ НАМОТУВАННЯ. Кінематичні залежності передачі “гвинт-гайка” визначаються стандартними параметрами різьблення:

- d, d_1 та d_2 – зовнішній, внутрішній і середній діаметр різьби;
- α та β – кут профілю різьби та половина кута профілю різьби;
- s та z – крок різьби та число заходів гвинтових ліній гвинта.

Хід гвинтової лінії і її напрямок (праве і ліве) визначається з виразу:

$$P_x = z \cdot s. \quad (1)$$

У нашому випадку хід гвинтової лінії дорівнює:

$$P_x = 2 \cdot 4 = 8 \text{ мм}. \quad (2)$$

КД може поділити хід гвинтової лінії на 200 кроків. Хід гвинтової лінії, поділений КД дорівнює:

$$P_{кд} = \frac{P_x}{n} = \frac{8}{200} = 0,04 \text{ мм.} \quad (3)$$

Оскільки КД керується драйвером, то дослідивши характеристики драйвера, можемо зробити висновок, що драйвер може поділити крок КД на 4, 8 або 16 мікрокроків. ПК налаштована на розрахунок певної кількості імпульсів для 1 зсуву, а драйвер було налаштовано на поділ кроку на 4 мікрокроки [26]. Поділивши крок зсуву на мікрокроки, хід гвинтової лінії, поділений на мікрокроки становитиме:

$$P_{мк} = \frac{P_{кд}}{\mu} = \frac{0,04}{4} = 0,01 \text{ мм.} \quad (4)$$

Отже, оскільки наш укладальник може виконувати переміщення каретки з точністю до 0,01 мм, то мінімальний діаметр дроту, що може укласти цей укладач дорівнює 0,01 мм, або 10 мкм.

ВИСНОВКИ. В результаті дослідження розглянуті основні принципи застосовування ПТК для намотування дротів, з використанням кінцевих датчиків.

Проведений аналіз дозволив розробити структурну та функціональну схеми для ПНД, де використано різні компоненти для визначення оберту чи кінцевого положення, протестовані різні гвинти для передачі “гвинт-гайка”, а також проведено підбір компонентів, необхідних для коректного функціонування та зручного інтерфейсу користувача. Компоненти закріплено каретку укладача на напрямних та встановлено компоненти передачі “гвинт-гайка”. За рахунок приєднання КД до гвинта за допомогою муфти, виникає невелике відхилення осі вихідного валу КД від осі обертання гвинта, що було вирішено за рахунок встановлення на шарикові підшипники з обох кінців для забезпечення плавного обертання гвинта навколо своєї осі.

Розроблена програма керування, урахуванням усіх особливостей макету, дозволила досягнути необхідної точності. Компактний блок намотування містить у собі пристрій керування, РК-дисплей, клавіатуру, тумблери керування, реле живлення драйвера КД, драйвер КД та сам КД з закріпленням через спіральну муфту патроном, розташованими на опорах з шариковими підшипниками.

Проведені розрахунки точності укладання дроту, виходячи з характеристик компонентів та налаштувань програмного забезпечення дозволили досягнути точності у 10 мкм, тобто даний макет ПНД може укладати дріт з діаметром від 10 мкм.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Невлюдов І.Ш. Механізми технічних засобів автоматизації (довідкові матеріали з курсового і дипломного проектування): навчальний посібник. / І.Ш. Невлюдов, В.І. Роменський, І.О. Яшков. Харків: ХНУРЕ, 2021. 292 с.
2. Роменський В.І. Механізація та автоматизація верстатних пристроїв за рахунок застосування уніфікованого технологічного оснащення / В.І. Роменський, С.І. Теслюк / Науково-технічний журнал «Технологія приладобудування». Випуск 1. 2020 С. 44-51.
3. Nevliudov I. Development of an automated system for positioning fastening elements of welded structures in instrument-making products / I. Nevliudov, V. Romenskiy, V. Nevliudova, S. Tesliuk / International Independent Scientific Journal № 27-1.2021. pp. 38-49.

Науковий керівник: Теслюк Сергій Ігорович, старший викладач кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки.

Міністерство освіти і науки України



NURE

Харківський національний університет
радіоелектроніки

ЗБІРНИК

студентських наукових статей

«Автоматизація та приладобудування»

«Automation and Development of Electronic Devices»

ADED-2023

(Випуск 2)

[електронне видання]



<http://nure.ua/department/kafedra-komp-yuterno-integrovanih-tehnologiy-avtomatizatsiyi-ta-mehatroniki-kitam>



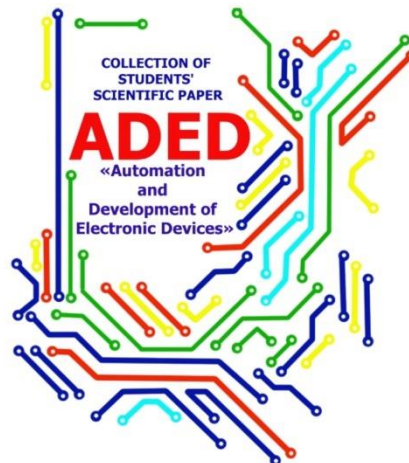
<http://itez.zntu.edu.ua/>



<http://kafea.kdu.edu.ua>

Харків 2023

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки
кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки
(КІТАР)



ЗБІРНИК

студентських наукових статей

«Автоматизація та приладобудування»

«Automation and Development of Electronic Devices»

ADED-2023

(Випуск 2)

[електронне видання]

Харків 2023

- Головий редактор** **Невлюдов Ігор Шакирович**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки, 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 робототехніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.
Андрусевич Анатолій Олександрович, доктор технічних наук, професор, начальник Криворізького коледжу національного авіаційного університету
Косенко Віктор Васильович, доктор технічних наук, професор, зам. директора Державного підприємство «Південний державний проектно-конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості».
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
Демська Наталія Павлівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.
Фурманова Наталія Іванівна, кандидат технічних наук, доцент, в.о. декана факультета Радіоелектроніки і телекомунікацій, Національного університету «Запорізька політехніка».
- Відповідальний редактор:** **Євсєєв Владислав В'ячеславович**, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Автоматизація та Приладобудування («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2023) [Електронний ресурс]: збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки ; [редкол.: І.Ш. Невлюдов та ін.]. – Харків : ХНУРЕ, 2023. – Вип. 2. – 408с.

Collection of Students' Scientific Paper «Automation and Development Of Electronic Devices» ADED-2023 Part 2 (Key infrastructure 2023) - Kharkiv/ The Editorial.: Nevlyudov I.Sh. (head), that all. Kharkiv: Kind of Kharkiv National University of Radio Electronics [electronic edition], 2023. – 408p 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 30.11.2023

Збірник містить наукові статті здобувачів першого (бакалаврського), другого (магістерського) рівнів вищої освіти кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР) 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.

©ХНУРЕ, 2023 рік

ЗМІСТ

<i>Я.І. Халімонов</i>	
Перспективи: Автоматизації вимірювання умов у житлових та робочих приміщеннях з використанням комп'ютерно-інтегрованих рішень	9
<i>Є.Ю. Гавриков, А.Я. Осман</i>	
Дослідження технологій виробництва деталей на 3D принтері	12
<i>А.С. Андреев</i>	
QR-коди в науці та техніці	17
<i>ґ. Курґога</i>	
Development of Automated Environmental Control System for Portable Greenway Section .	23
<i>К.К. Стеценко</i>	
Моделювання BEAM-робота в середовищі TINKERCAD	27
<i>О.В. Удовиченко</i>	
Вплив розвитку штучного інтелекту на комп'ютеризовані та робототехнічні системи ..	30
<i>Б.О. Чеснаков</i>	
3D моделювання роботизованої платформи для гуманітарного розмінуванні	33
<i>Є.В. Шевченко</i>	
Розробка кіберфізичної системи моніторингу технологічних процесів на виробництві .	37
<i>Є.О. Єфімік</i>	
Розроблення концепт макету малогабаритного мобільного робота підвищеної прохідності	44
<i>М. Манічкін</i>	
Аналіз кінематики та розробка моделі розрахунків елементів матриці гомогенних перетворень для зооморфного мобільного робота	49
<i>М.М. Моргунов</i>	
Розробка методу передачі інформації всередині статичного зображення для мобільних роботів	55
<i>Є.С. Ключник</i>	
Аналіз систем автоматизованого свердління у Industry 4.0	61
<i>О.Д. Юрченко</i>	
Розроблення системи моніторингу роботи засобів виробництва та персоналу приладобудівного приміщення з використанням ESP32-CAM	66
<i>М.О. Бендеберя</i>	
Розробка алгоритмічно-функціональної моделі робота маніпулятора на базі ABB Robot Studio	74
<i>І.В. Балабанов</i>	
Визначення залежності часу та інтенсивності випромінювання на температуру фотополімерної смоли	79
<i>М.Д. Лисун</i>	
Аналіз кінематик 3D принтерів за технологією FDM/FFF	83
<i>С.В. Шматко</i>	
Аналіз сучасних роботів телеприсутності, як людського помічника	87
<i>І.С. Коваленко</i>	
Перспективи розвитку повітряної робототехніки	92
<i>М.С. Лубінець</i>	
Розроблення методу прокладення траєкторії руху робота-сапера на основі даних від металошукача	97

<i>О.О. Рак</i>	
Розробка автоматизованого модуля моніторингу параметрів об'єктів критичної інфраструктури	104
<i>О.І. Черненко</i>	
Автоматизація процесу сортування деталей на виробництві	109
<i>О.А. Тищенко</i>	
Моделювання пристрою позиціонування вантажного робота	114
<i>В.О. Веснянка</i>	
Розроблення інформаційної системи для оптимізації бізнес-процесів закладу харчування	121
<i>Ю.А. Бердник</i>	
Аналіз сучасних автономних роботизованих платформ	126
<i>М.В. Звєгінцев</i>	
Розробка модуля позиціонування сонячних панелей	133
<i>Д.Д. Леценко</i>	
Моделювання руху маніпулятора робота з використанням динамічної ланки з прямою та зворотною кінематикою	138
<i>П.М. Савченко</i>	
Огляд датчиків положення для обладнання, що працює в умовах аварійних відключень електроживлення	142
<i>П.М. Савченко</i>	
Створення сучасних систем управління з застосуванням мікропроцесорної техніки та засобів автоматизації	148
<i>Є.Р. Васильченко</i>	
Огляд принципів побудови пожежно-охоронної системи	153
<i>А.Д. Єчевський</i>	
Система моніторингу та управління параметрами мікроклімату в офісних приміщеннях	159
<i>А.І. Конєва</i>	
Перспективи розвитку безпілотних систем	164
<i>В.І. Фомін</i>	
Використання робототехнічних систем з елементами штучного інтелекту в приладобудуванні	171
<i>В.І. Фомін</i>	
Застосування 3D-друку у виробництві та промисловості	177
<i>О.В. Чернишенко</i>	
Оптимізація маршрутів в логістичних мережах виробничого процесу	182
<i>Р.Р. Шаталюк</i>	
Використання віртуальної та доповненої реальності для навчання та симуляцій у робототехніці	188
<i>Р.Р. Шаталюк</i>	
Програмування мікроконтролерів для автоматизації систем	193
<i>Т.А. Лихо</i>	
Вибір обладнання для розробки мобільного робота для відеонагляду	197
<i>В.О. Александров</i>	
Безпілотні літальні апарати. види, технічні особливості, автоматизація	203
<i>С.О. Вінниченко</i>	
Еволюція виробництва: Роль MES-системи у оптимізації та контролі промислових	208

процесів на підприємстві	
<i>А.В. Готовська</i>	
Підтримка прийняття рішень в технології проектування роботизованого виробничого процесу	213
<i>Я.В. Олінкевич</i>	
Впровадження егр-системи на виробництві	219
<i>М. Коваленко</i>	
Схема керування транспортними роботами на основі візуальних ознак	223
<i>В.К. Маковсва</i>	
Контейнеризація та оркестрація: DOCKER та KUBERNETES	228
<i>Д.Р. Придятько</i>	
Огляд методів розпізнавання об'єктів за допомогою систем технічного зору	234
<i>А.А. Большаков</i>	
Розроблення архітектури SCADA-системи гнучкого виробництва та вибір апаратних засобів	239
<i>В.С. Головіна</i>	
Розроблення системи керування мобільним пошуково-рятувальним роботом	244
<i>Д.В. Мілько</i>	
Дослідження програмного методу визначення відстані до об'єкту за допомогою параметрів камери	250
<i>І.А. Маяжкін</i>	
Аналіз методів автоматичного розпізнавання осіб	254
<i>Ю.С. Візір</i>	
Автоматичне енергоефективне управління освітленістю з використанням кіберфізичних підходів в умовах виробництва	259
<i>В.І. Дульський</i>	
Методи оптимізації керуючих програм для верстатів з ЧПУ	264
<i>М.С. Карпов</i>	
Використання бездротових мереж для організації контролю в промисловості	269
<i>М.А. Пісклов</i>	
Алгоритми створення та оптимізації розкладу для загальноосвітніх навчальних закладів	275
<i>А.Ю. Губарь</i>	
Веб-додаток для моніторингу та управління запасами в 3D-друкарні	281
<i>І.А. Поддубняк</i>	
Аналіз сучасних візуальних SLAM систем в робототехніці	286
<i>Д.П. Редько</i>	
Технології транспортування вибухонебезпечних предметів за допомогою роботизованого пристрою	292
<i>В.О. Заїкін</i>	
Роботизовані системи та їх застосування у інноваційних методах виявлення та знешкодження вибухонебезпечних предметів	296
<i>К.О. Вадурін, А.С. Шандро</i>	
Розробка структури інформаційно-аналітичної система для збору, обробки та аналізу даних щодо використання енергетичних ресурсів багатоповерховою будівлею	302
<i>Є.М. Гриценко</i>	
Аналіз систем контролю виготовлення 3D деталей на потоковому роботизованому виробництві	309

<i>В.А. Савін</i>	
Класифікація роботизованих систем для пошуку вибухонебезпечних предметів	319
<i>М. Збітнєв</i>	
Аналіз мобільних робототехнічних платформ для гуманітарного розмінування	329
<i>В.А.Сторожук В.А., М.А. Вісковатов</i>	
Розробка інтелектуального модуля для моніторингу параметрів на базі ПоТ	334
<i>М.В. Толстий</i>	
Аналіз методів намотування дротів на станках з ЧПУ у роботизованому виробництві ..	340
<i>В.В. Цешевський</i>	
Огляд сучасних конструктивних схем роботів для переміщення сходами	354
<i>О.О. Зибенко</i>	
Інновації та досягнення в електророзрізній обробці: формування комп'ютерно-інтегрованого виробництва	356
<i>К.О. Левченко</i>	
Моделювання автоматизованого комплексу безтарного сховища сировини	361
<i>О.Д. Нікулін</i>	
Конвеєрні технології та автоматизація у аддитивному виробництві	364
<i>Д.В. Пархоменко</i>	
Аналіз систем інжекції з'єднувальної речовини у технології 3D друку 3DP	370
<i>К.Є. Скрипник</i>	
Моделювання та розрахунок дозування пластику у шнековому екструдері	374
<i>С.Ю. Мірошніченко</i>	
Автоматизована система управління для знешкодження вибухонебезпечних предметів	381
<i>В.Є. Тараненко</i>	
технологія екструзійного 3D друк без підтримок	386
<i>Є.О.Зусв, М.Ю. Лучанінов</i>	
Дослідження методів автономного позиціонування та навігації робототехнічних мобільних платформ	390
<i>О.С. Пащенко, К.О. Зозуля</i>	
Сучасне виробництво з використанням комп'ютерного управління та інформаційних технологій	394
<i>Є.Г. Федосєєв</i>	
Аналіз методів імітаційного моделювання технологічних процесів складання	401
<i>К.С. Редькін</i>	
Локальна навігація мобільного робота в приміщенні	404

УДК 519.68

АНАЛІЗ МЕТОДІВ НАМОТУВАННЯ ДРОТІВ НА СТАНКАХ З ЧПУ У РОБОТИЗОВАНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

М.В. Толстий

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

У даній роботі проведено аналіз методів намотування дротів на станках з ЧПУ у роботизованому виробництві з різних матеріалів та різним діаметром з точністю до 10 мкм. Проведено аналіз загальних відомостей про системи та методи контролю, описано метод контролю з використанням систем технічного зору, методи контролю натягу, системи контролю натягу дроту, системи контролю діаметра котушки та системи сенсорів і вимірювального обладнання.

Наукова новизна полягає у збільшенні ефективності лінійного переміщення шляхом підбирання необхідних матеріалів та налаштування програми керування.

Ключові слова: автоматизація, котушка, намотування, ПТК, точність, укладання дроту, ЧПУ.

ANALYSIS OF WIRE WINDING METHODS ON CNC MACHINES IN ROBOTIC PRODUCTION

M. Tolsty

Kharkiv National University of Radioelectronics
Ukraine, 61166, Kharkiv, 14 Nauky Ave
E-mail: mykhailo.tolsty@nure.ua

In this paper, an analysis of the methods of winding wires on CNC machines in robotic production from different materials and different diameters with an accuracy of up to 10 μm was carried out. An analysis of general information about control systems and methods was carried out, a control method using technical vision systems, tension control methods, wire tension control systems, coil diameter control systems, and sensors and measuring equipment systems were described.

Scientific novelty consists in increasing the efficiency of linear movement by selecting the necessary materials and adjusting the control program.

Key words: automation, coil, winding, PTK, precision, wire laying, CNC.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Автоматизація виробничих процесів веде не тільки до вдосконалення виробництва і загального поліпшення умов праці, а й до підвищення рентабельності виробництва, зменшення витрат. Вона також сприяє культурному та технічному зростанню кадрів, що обслуговують автоматизовані установки, поліпшенню умов праці, звільняє людей від монотонної та одноманітної праці [1].

Завдання механізації намотування рядових котушок було вирішено відносно швидко: ручний або електричний привід обертав намотувальний каркас, а механічно пов'язаний з основним приводом розкладник розподіляв витки по довжині із заданим кроком. Більш складним завданням виявилася намотування тороїдальних сердечників.

Перевага тороїдальних моткових (трансформаторів, котушок індуктивності, синфазних дроселів) в тому, що практично все магнітне поле, яке створюється струмом у провіднику, зосереджено всередині сердечника-магнітопроводу. Тому поле витoku, що впливає на сусідні

електронні вузли, для них мінімальне. Винахід намотувальної головки зі спеціальним магазином, що обертається, вирішило і це завдання.

Сучасне намотувальне обладнання здатне працювати з великою номенклатурою матеріалів: дротиками з металів та їх сплавів, металевими шинами прямокутного перерізу, нитками та стрічками із полімерних та неорганічних матеріалів.

ОСНОВНА ЧАСТИНА. Намотування дроту на котушку може бути виконано різними способами, включаючи хаотичну намотування, спіральну намотування та ортоциклічне намотування. Давайте докладніше розглянемо кожен із цих методів:

Хаотичне намотування: є найшвидшим методом, оскільки не вимагає додаткового часу створення упорядкованої структури (рис.1), корисно, якщо вам потрібно швидко укласти провід на котушку. У ситуаціях, де у вас обмежені тимчасові ресурси, цей метод дозволяє економити зусилля, оскільки він менш вимогливий до акуратності та організації при намотуванні. Хаотичне намотування часто використовується для коротких провідів, які менш схильні до заплутування.

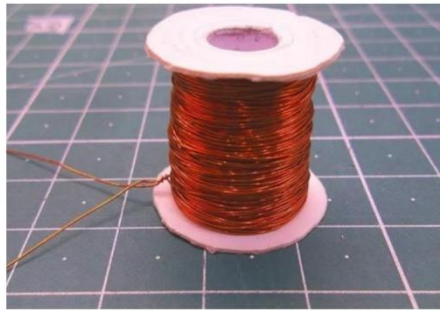


Рисунок 1 – Котушка намотана методом хаотичної намотки

Спіральне намотування: забезпечує рівномірний розподіл дроту по всій довжині котушки (рис. 2), що зменшує ризик перекручування та полегшує подальше використання. Цей метод значно знижує ймовірність заплутування дроту, оскільки він укладається у впорядкованій формі спіралі. Спіральне намотування робить вилучення дроту зручнішим, тому що ви можете легко розкрутити спіраль, не ризикуючи пошкодити дроти.



Рисунок 2 – Котушка намотана методом спіральної намотки

Ортоциклічне (лінійне) намотування: забезпечує рівномірне намотування дроту на котушку і запобігає його перекручуванням, що особливо важливо для усунення проблем при подальшому використанні (рис. 3). При правильному ортоциклічному намотуванні дроту

менше шансів заплутатися, оскільки він розподіляється у вигляді плоскої спіралі. Цей метод полегшує зберігання котушки з проводом, тому що ортоциклічне намотування робить котушку компактною та зручнішою для зберігання та транспортування.

Цей тип структури намотування забезпечує найкраще використання доступного простору, досягаючи оптимального коефіцієнта заповнення при роботі з круглими проводами. Для цього верхні шари обмотки розміщуються у спеціальні пази, призначені у нижніх шарах.

Максимальна ефективність досягається, коли обмотка розташовується паралельно краю котушки на більшій частині її кола. Якщо обмотка охоплюватиме весь корпус котушки, вона зіткнеться з уже укладеним дротом і буде змушена робити перехрестя, що відповідає розміру дроту. Цей процес згинання та перекриття називається звивистим кроком. Сам етап намотування може займати приблизно 60 градусів від загального кола котушки у разі круглих бобін і займає один бік бобін у разі прямокутних котушок. Розмір цієї площі залежить від діаметра дроту та форми котушки.



Рисунок 3 – Котушка намотана методом лінійної намотки

Вибір методу намотування залежить від конкретних завдань та умов, і важливо враховувати якісь обмеження, наприклад, довжину дроту, доступний час та необхідність легкості використання при наступному розкочуванні дроту.

Технічні комплекси (ТК) намотування дроту вже виробляються в промислових кількостях, та ефективно виконують задачі на підприємствах. ТК які проводять намотування хаотичним методом в більшості випадків мають вузький функціонал (наприклад функції розмотування), і через це не будуть розглянуті через неактуальність відповідно даному ТЗ мають вузький функціонал роботи.

ТК котрі виконують методи намотування спіральним чи лінійним методом мають більш широкий функціонал, мають більш високоточне оснащення та різні параметри системи намотування.

Наприклад, є доцільним розглянути ТК намотування дроту виробництва компанії Supertek, модель ED-AUF rewinder (рис. 4):

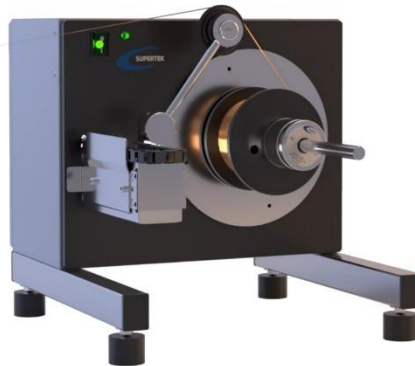


Рисунок 4 – Технічний комплекс Supertek ED-AUF rewire

Аналізуючи даний ТК, можна зробити висновок, що даний комплекс може здійснювати намотування спіральним методом, варіативний у виборі каркаса для котушки і параметрів систем намотування відповідно. Також має промислові інтерфейси передачі даних про стан системи, що робить її більш зручною з точки зору моніторингу та контролю над процесом намотування.

Модель котру було виготовлено в ході вирішення технічного завдання (ТЗ) бакалаврської роботи (рис. 5), а саме автоматизований пристрій намотування дроту (АПНД) було використано для виготовлення невеликої кількості котушок. Для розширення функціональних можливостей пристрою (наприклад намотування дроту з іншого матеріалу) запропоновано використовувати додатковий модуль, котрий буде контролювати натяг дроту для його рівномірної укладки та пришвидшення процесу намотування.

По-перше, для різної товщини дроту потрібно підбирати різну швидкість обертання котушки, адже саме так було реалізовано систему намотування. Котушка обертається на відстані від укладача, та існують випадки коли дріт рветься від надлишкового натягу дроту, який спричиняється високою швидкістю намотування. Якщо ж швидкість, навпаки, недостатня, то система розрахована на укладання спіральним методом буде створювати напливи, а це вже нерівномірне укладання і невідповідність поставленій задачі намотування.



Рисунок 5 – Автоматизований пристрій намотування дроту

Тож завдання для вдосконалення виготовленого пристрою намотування полягає у використанні необхідного методу контролю намотування полягає у використанні методу, що дозволить відстежувати натяг дроту і змінювати його для виключення варіанту напливу або розриву дроту.

Системи контролю, також відомі як системи керування, представляють собою комплексне поєднання обладнання, програмного забезпечення та процесів, розроблене для вимірювання, моніторингу, регулювання та керування різними аспектами конкретного системного об'єкта або процесу. Ці системи знаходять своє застосування в різних галузях, таких як виробництво, транспорт, автоматизація, енергетика, медицина, телекомунікації та інші.

Основні функції та компоненти систем контролю включають в себе:

- збір інформації – вони вимірюють і збирають дані про стан системи або процесу за допомогою датчиків, сенсорів та інших пристроїв;

- сенсори і вимірювальне обладнання – це обладнання призначене для збору даних про стан системного об'єкта або процесу. Це може включати в себе датчики тиску, температури, вологості, рівня, швидкості, чутливості до світла та інші, які вимірюють фізичні або хімічні параметри;

- керуюче обладнання – це обладнання відповідає за зміну стану системи на основі даних, зібраних сенсорами. Це може включати в себе приводи, мотори, клапани, реле та інше, які регулюють роботу системного об'єкта;

- контролери – це електронні пристрої або програмне забезпечення, які обробляють дані з сенсорів та приймають рішення щодо керування системою. Вони можуть бути програмованими логічними контролерами (PLC), мікроконтролерами або програмними контролерами на основі ПК;

- програмне забезпечення – системи контролю використовують програмне забезпечення для обробки даних, взаємодії з користувачем, регулювання та моніторингу процесу. Це включає в себе програми для збору даних, алгоритми керування, інтерфейси користувача та інше;

- інтерфейси з оператором – системи контролю можуть мати інтерфейси для взаємодії з оператором або обслуговуючим персоналом. Це може бути людський інтерфейс на основі графічних екранів, сенсорних панелей або командний рядок;

- системи збереження та обробки даних – дані, зібрані системою контролю, можуть зберігатися, а також піддаватися аналізу для моніторингу та вирішення проблем. Для цього використовуються системи збереження даних і обробки, такі як бази даних та аналітичні інструменти.

Загалом, системи контролю спроектовані для автоматизації та оптимізації різних процесів і мають застосування в багатьох галузях, зокрема в виробництві, транспорті, автоматизації, енергетиці, медицині, телекомунікаціях та інших. Вони дозволяють підвищити ефективність, забезпечити безпеку та забезпечити контроль над різними системами і процесами.

Системи контролю деталей на виробництві відіграють важливу роль у забезпеченні якості продукції та відповідності стандартам. Існують різні види таких систем, кожний з яких має свої переваги та недоліки.

Наприклад:

- візуальний контроль, використовується для перевірки візуальних параметрів, таких як розмір, форма, колір і текстура деталей. Перевагами цього методу є низька вартість впровадження і здатність виявляти видимі дефекти. Однак він обмежується об'єктивністю спостерігача та не завжди ефективний для незримих дефектів;

- вимірювальні системи контролю, використовуються для точного вимірювання розмірів та геометричних параметрів деталей. Вони дозволяють виявити мікроскопічні дефекти, але можуть бути дорогими та вимагати точності при налаштуванні;

- системи машинного зору та штучного інтелекту, використовують комп'ютерне зорове сприйняття та алгоритми машинного навчання для автоматичного виявлення дефектів. Ці системи можуть бути швидкими та надійними, але вимагають великої кількості даних для навчання.

Перевагами систем контролю в рамках процесу намотування є підвищення якості продукції, зменшення відходів та зниження витрат на перевірку якості. Однак у них можуть бути недоліки, такі як високі витрати на впровадження, потреба в кваліфікованих операторах, та обмеження в ефективності виявлення дефектів, які не завжди видимі або піддаються легкому вимірюванню.

З погляду отримання вимірювальної інформації оптико-електронними системами метод контролю з використанням систем технічного зору можна сприймати як визначення геометричних параметрів об'єктів щодо їх зображення.

Для оцінки геометричних параметрів об'єктів в даний час знаходять широке застосування системи технічного зору (СТЗ).

Сучасна СТЗ включає три основні компоненти:

- пристрій отримання зображення (камера);
- інтерфейс передачі даних від камери до пристрою обробки інформації;

- пристрій обробки інформації (ПК) зі спеціалізованим програмним забезпеченням (наприклад, NI VisionBuilder), на основі якого пишеться алгоритм обробки зображення.

Отримання зображення об'єкта (вироби, деталі, заготовки) забезпечується камерами поєднанні з оптичними елементами та пристроями освітлення.

Точність сприйняття вимірювальної інформації КТЗ залежить від досконалості оптичної частини. Сучасні об'єктиви проектуються з використанням комп'ютерів проведення складних розрахунків та моделювання високого рівня, але це не дає можливості повністю усунути усі спотворення.

Тому особливу увагу при впровадженні систем технічного зору слід приділяти метрологічну оцінку вимірювань та проведення калібрування із застосуванням тест-об'єктів.

Найбільш перспективним є метод калібрування камери зі знімків спеціального тест-об'єкта. Сутність методу – отримання калібрувальних коефіцієнтів, що враховують вплив всіх систематичних спотворень, що існують під час реальної зйомки. І подальша програмна компенсація спотворень на основі математичної моделі, що описує спотворення. Даний метод калібрування є найпоширенішим на даний час і легко реалізується на практиці.

Аналіз існуючих відомостей про методи компенсації похибок та створення узагальненої моделі передачі в ОЕС дозволили розробити алгоритм для комплексної компенсації похибок оптико-електронної системи контролю геометричних параметрів. Алгоритм включає наступні етапи: віднімання фону, фільтрацію шумів матриці камери технічного зору, процедуру калібрування з використанням тест-об'єктів, порогову бінаризацію зображення.

Існує декілька способів вимірювання та розрахунку натягу дроту. Найточніший із них полягає у вимірюванні натягу за допомогою тензометра, який може бути як частиною системи контролю натягу, так і встановлений окремо.

Якщо немає можливості використовувати датчик, але система контролю натягу включає в себе вагання, що амортизує плаваючий валик, то натяг можна обчислити, враховуючи навантаження на валик та геометрію проводки через амортизатор. Проте слід пам'ятати, що цей метод не є точним, якщо валик знаходиться в крайньому положенні.

Для приблизного вимірювання натягу на розмотуванні з котушковим гальмом можна використовувати звичайний безмін. Для цього необхідно пропустити кінець дроту через напрямний валик, прикріпити до нього безмін і потягнути. Вага, яку покаже безмін в той момент, коли котушка почне обертатися, дозволить розрахувати натяг дроту при цьому гальмі. Важливо відзначити, що цей метод не підходить для оцінки натягу на пристроях намотування та розмотках, які обладнані двигуном, а не гальмом.

Якщо відомо значення гальмівного моменту на розмотуванні, то оцінку натягу можна приблизно розрахувати на основі гальмівного моменту та радіуса котушки.

Найдешевшим методом керування натягом дроту є ручна установка параметрів двигунів або гальм, що регулюють швидкість обертання валиків і котушок. Однак очевидно, що подібний метод регулювання може бути заснований тільки на досвіді персоналу, що обслуговує обладнання, і ризик помилки при його використанні дуже великий. Регулювати параметри приводів розмотування та намотування вручну взагалі вкрай складно через постійну зміну мас і діаметрів котушок. Тому економія вартості автоматичних контрольних пристроїв швидше за все обернеться втратами внаслідок великого відсотка браку. Розглянемо основні типи автоматичних пристроїв.

Системи контролю діаметра котушки виявляються корисними для регулювання натягу дроту під час розмотування та намотування. Однак у них є загальний недолік, а саме неможливість врахування всіх факторів, що впливають на натяг дроту, і відсутність можливості контролю натягу в певних технологічних відрізках. В сучасних системах такого типу використовуються три типи датчиків:

- механічні;
- ультразвукові;
- тахометричні.

Механічний датчик для вимірювання діаметра котушки представляє собою ролик, який може коливатися (рис. 6), або валик, який за допомогою пружини або пневматичного пристрою натискається на зовнішню поверхню котушки. Діаметр котушки визначається на основі кутового положення важеля, на якому закріплений ролик або валик. Зазвичай для вимірювання кута використовується потенціометр.

Механічні датчики мають переваги, такі як простота, низька вартість та легкість установки. Однак у них є певні недоліки, такі як неможливість компенсувати відхилення котушки від циліндричної форми (у випадку овального поперечного перерізу), ускладнення процесу заміни котушки, менша надійність порівняно з іншими системами та можливість механічного впливу на поверхню матеріалу.

Ультразвуковий датчик складається з джерела та приймача ультразвуку (рис. 7). Джерело генерує сигнал, який відбивається від поверхні котушки і фіксується приймачем. Діаметр котушки обчислюється на основі часу, який потрібен сигналу, щоб пройти від джерела до приймача.

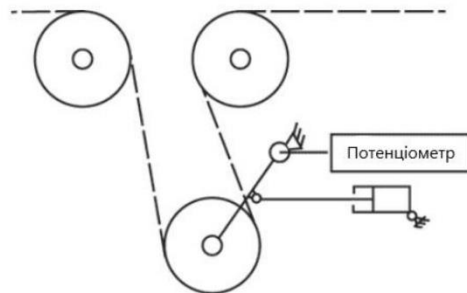


Рисунок 6 – Система контролю положення за допомогою плаваючого валика, що коливається

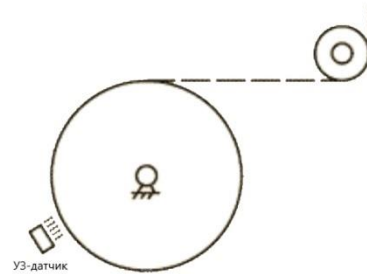


Рисунок 7 – Система контролю діаметра за допомогою ультразвукового датчика

Ультразвукові датчики мають численні переваги, такі як проста конструкція, відносна доступність, компактність, легкість встановлення, здатність враховувати відхилення котушки від циліндричної форми, надійність та відсутність необхідності в контакті з поверхнею котушки.

Серед недоліків ультразвукових датчиків можна відзначити появу помилок вимірювань при наявності об'єктів між датчиком і поверхнею котушки, особливо при використанні поглинаючих ультразвук матеріалів, а також при відхиленнях куткового положення датчика від позиції, в якій проводилося калібрування.

Існують системи контролю положення плаваючого валика, які дозволяють компенсувати зміни натягу дроту. Ці валики встановлені на опорах, що рухаються лінійно або обертаються, подібну систему зображено на рисунку 8. Коли натяг дроту змінюється, валик відхиляється від нульового положення, що дозволяє коригувати параметри приводу дротопровідних валиків та підтримувати натяг на стабільному рівні. Такий контроль триває, доки плаваючий валик знаходиться в межах робочої зони між крайніми положеннями. Після досягнення валиком крайнього положення, контроль над натягом втрачається.

Системи з плаваючими валиками (рис.) мають просту конструкцію, вони дешевші в порівнянні з іншими системами з амортизаторами і мають велику робочу зону. Серед недоліків можна відзначити необхідність врахування ваги валика та відносно великі габарити.

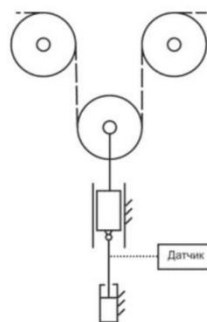


Рисунок 8 – Система контролю положення плаваючого валика що лінійно переміщується

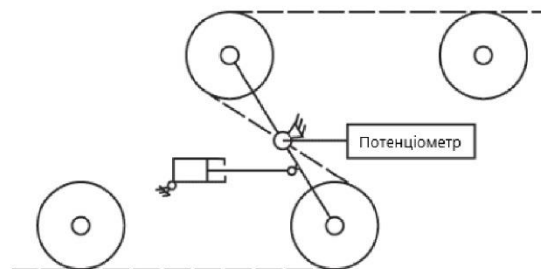


Рисунок 9 – Системи контролю положення плаваючого валика

Системи з лінійно переміщуваним валіком відрізняються компактністю та мають велику робочу зону для валіка. Однак вони мають недоліки, такі як необхідність врахування ваги валіка, складніша конструкція і вища вартість.

Ротаційні системи включають пару валіків, які врівноважують один одного, що дозволяє уникнути необхідності враховувати їхню вагу. Ця компактна система має мінімальну інерційність. Проте має недоліки, такі як висока вартість та обмежена робоча зона.

Системи з плаваючими валіками є універсальними та дозволяють компенсувати вплив всіх факторів на натяг дроту. Щоб зменшити помилки, викликані інерцією плаваючих валіків, їх роблять якомога легкими. Рекомендується використовувати валіки зі знизеним тертям. Для уникнення впливу ваги валіків на точність контролю натягу дроту, вони можуть бути встановлені у ротаційних конструкціях або використовувати лінійну схему з переміщенням валіків у горизонтальній площині.

Величина натягу дроту визначається зусиллям, прикладеним до осі валіка (або пари валіків у ротаційних пристроях). Навантаження плаваючих валіків раніше здійснювалося за допомогою вантажів, зараз – за допомогою пневматики. Пневматичні циліндри забезпечуються електронними системами управління, які дозволяють плавно регулювати тиск повітря та відповідно плавно змінювати величину натягу.

Для визначення позиції валіка у старих системах використовувалися аналогові потенціометри. Оскільки ці прилади містять механічні елементи та їх точність з часом зменшується, у сучасному устаткуванні застосовуються цифрові датчики різних типів.

У тензометричних системах контролю, приклад якої зображено на рисунку 10, встановлюють датчики, які приєднуються до направляючого валіка, щоб виміряти навантаження, яке зумовлене натягом дроту. Натяг обчислюється з урахуванням кута, під яким дріт обгортає валік. Порівнявши виміряні дані з заданими, система може ввести корекції у параметри приводів дротопровідних валіків, якщо це необхідно.

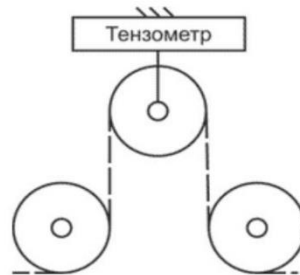


Рисунок 10 – Тензометрична система контролю натягу

Тензометричні системи мають численні переваги, такі як висока точність вимірювань, універсальність, здатність компенсувати всі фактори, що впливають на натяг дроту, широкий вибір моделей з різними цінами, включаючи системи з автоматичним калібруванням, і простота встановлення.

Однак при роботі з котушками великого діаметра такі системи не завжди забезпечують необхідну стабільність натягу при пристроях для розмотування та намотування.

Комбіновані системи, які поєднують в собі пристрої для контролю діаметра котушки та системи з плаваючим валіком або тензометром, дозволяють досягти найбільшої стабільності натягу. Зазвичай їх використовують у випадках, коли машина працює на великому діапазоні швидкостей, при роботі з котушками великого діаметра або навіть при обробці еластичних матеріалів.

У комбінованих системах різного типу пристрої спільно визначають натяг. Зазвичай, у 90% випадків для регулювання натягу достатньо інформації від пристроїв контролю діаметра катушок, і лише у 10% випадків ця інформація доповнюється і коригується за допомогою даних від систем з плаваючим валіком або тензометром. Недоліками комбінованих систем є висока вартість і складність конструкції.

Застосування автоматичних систем контролю натягу дроту дозволить персоналу, що обслуговує обладнання, зосередитися на вузьких місцях технологічного процесу і приділяти більше уваги якості друкованої продукції. Зрештою, це сприятиме збільшенню ефективності виробництва.

ВИСНОВКИ. В результаті дослідження розглянуті основні принципи застосування ПТК для намотування дротів, з використанням кінцевих датчиків.

Для реалізації системи контролю намотування дроту буде доцільно використати саме метод натягу, та його варіацію в вигляді системи з тензометричним датчиком та роликком, до якого його буде закріплено. Такий метод дозволить нам точно, просто та головне одразу контролювати натяг дроту при намотуванні. Така система дозволить зменшити кількість бракованих деталей, зменшити час необхідний для усунення проблеми та збільшити загальну продуктивність системи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Толстий М.В. Розробка програмно-технічного комплексу системи намотування дротів / Автоматизація та Приладобудування («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2022) [Електронний ресурс] : збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки ; [редкол.: І.Ш. Невлюдов та ін.]. – Харків : ХНУРЕ, 2022. – Вип. 2. – С. 95-101.
2. Невлюдов І.Ш. Механізми технічних засобів автоматизації (довідкові матеріали з курсового і дипломного проектування): навчальний посібник. / І.Ш. Невлюдов, В.І. Роменський, І.О. Яшков. Харків: ХНУРЕ, 2021. 292 с.
3. Роменський В.І. Механізація та автоматизація верстатних пристроїв за рахунок застосування уніфікованого технологічного оснащення / В.І. Роменський, С.І. Теслюк / Науково-технічний журнал «Технологія приладобудування». Випуск 1. 2020 С. 44-51.
4. Nevludov I. Development of an automated system for positioning fastening elements of welded structures in instrument-making products / I. Nevludov, V. Romenskiy, V. Nevludova, S. Tesliuk / International Independent Scientific Journal № 27-1.2021. pp. 38-49.
5. Невлюдов І.Ш. Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації. Збірник задач: Навчальний посібник / І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, Г.В. Пономарьова, А.О. Функендорф. Кривий Ріг: КК НАУ, 2018. 332 с.

Рецензент: Теслюк Сергій Ігорович, старший викладач кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки.

ДОДАТОК Б

Демонстраційний матеріал

