



The Ministry of  
Education and Science  
of Ukraine

<https://nure.ua/>

Kharkiv National  
University of  
Radio Electronics

**KITAM**

3  
2  
0  
2

# COLLECTION

OF STUDENTS' SCIENTIFIC PAPER

«Automation and Development of Electronic Devices»

ADED-2023

(Part 1)



**Industry 4.0**



Digital control  
life cycle



Distributed Computer  
Systems



Fast  
integration and  
flexible  
configuration



Cyber-physical  
system



3  
2  
0  
2

# ЗБІРНИК

студентських наукових статей  
«Автоматизація та приладобудування»  
ADED-2023  
(Випуск 1)  
[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, 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 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-2023) [Електронний ресурс]: збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки ; [редкол.: І.Ш. Невлюдов та ін.]. – Харків : ХНУРЕ, 2023. – Вип. 1. – 336с.

Collection of Students' Scientific Paper «Automation and Development Of Electronic Devices» ADED-2023 Part 1 (Key infrastructure 2023) - Kharkiv/ The Editorial.: Nevlyudov I.Sh. (head), that all. Kharkiv: Kind of Kharkiv National University of Radio Elektronik [electronic edition], 2023. – 336p 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 № 6 від 01.05.2023

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, 2023 рік

## ЗМІСТ

<i>Бацуля Р. В.</i> Аналіз сучасних розробок у сфері робототехніки .....	9
<i>Дяченко Е. С.</i> Аналіз сучасних розробок в області розумного будинку .....	15
<i>Кап'юнкін В. Г.</i> Розроблення системи голосового керування сайтом для людей з обмеженими можливостями .....	19
<i>Карташова В. В.</i> Аналіз сучасних роботизованих та експертних систем .....	24
<i>Кащев В. А., Артюх В. С.</i> Аналіз створення інтерфейсів користувача програмного забезпечення автоматизованих систем .....	31
<i>Кравченко С. В.</i> Аналіз автоматизованих систем керування технологічними процесами сучасного підприємства .....	36
<i>Наумов М. С.</i> Автоматизація приладобудівних приміщень .....	42
<i>Остапенко І. В.</i> Комп'ютерне зорове сприйняття .....	47
<i>Перебийніс Д. А.</i> Аналіз сучасного стану розробок в області автоматизації .....	52
<i>Рудакова Г. В.</i> Аналіз сучасних розробок в області комп'ютерного зору .....	57
<i>Дмитрієв Д. В.</i> Розробка макету пристрою дистанційного керування антропоморфним хватним пристроєм .....	61
<i>Андреев А. С.</i> Перспективи використання PHP та MYSQL в проектах .....	66
<i>Вінниченко С. О.</i> Огляд можливих ризиків кібератаки для віртуального підприємства та способів їх запобігання .....	70
<i>Гребенков Д. В.</i> Огляд сучасних безпілотних літальних апаратів .....	74
<i>Кирпота Ф., Халімонов Я.</i> Особливості QR-кодів та проблеми Fishing .....	78
<i>Макушев І. А.</i> Огляд сучасних роботів-маніпуляторів .....	82
<i>Олінкевич Я. В.</i> PHP & HTML: файли cookie, сесії, автентифікація .....	86
<i>Поліканов К. А.</i> Безпека QR-кодів та Phishing атаки .....	91
<i>Коноваленко К.</i> Розробка структурної схеми мобільної маніпуляційної платформи для розмінування ...	95
<i>Реука Є.</i> Розробка структурної схеми PID контролера для керування позиціонування сонячної панелі для автономних мобільних роботів .....	100

<i>Александров В.О.</i>	
Перспективи розвитку повітряної робототехніки в Україні .....	105
<i>Савін В.А.</i>	
Аналіз сучасних методів виявлення вибухонебезпечних об'єктів .....	110
<i>Залож Є.</i>	
Управління збутом продукції виробничого підприємства на основі динамічних QR-кодів .....	115
<i>Воронов Д.О.</i>	
Розробка програмних модулів на основі датчика LIDAR для системи управління БПЛА .....	119
<i>Коротун Є.В.</i>	
Факторний аналіз фотополімерних смол для 3D-друку .....	124
<i>Світайло Д. М.</i>	
Аналіз причин кібератак та інформаційної безпеки .....	128
<i>Долгуля А.В.</i>	
Дослідження переміщення чотирилапого зооморфного робота «Робокіт» у невизначеному просторі .....	132
<i>Кривий М.В.</i>	
Робототехнічні системи та їхнє використання .....	138
<i>Нієнова Д. V.</i>	
Programmable Providing of Data on Functional Dependencies of Material Characteristics ...	143
<i>Білоус М.Ю., Іщенко М.Д.</i>	
Автоматизація розподілу сервісних робіт на підприємстві .....	147
<i>Кравченко С. В.</i>	
Аналіз сучасного фреймворка ASP.NET CORE для WEB-додатків .....	151
<i>Башкір Б.В.</i>	
Переваги та недоліки термопластавтоматів .....	156
<i>Зибенко О. О.</i>	
Впровадження електроерозійних варстатів з ЧПК в розумне виробництво .....	160
<i>Кальченко А.С.</i>	
Особливості 3D-ДРУКУ для принтерів FDM/FFF .....	165
<i>Маковоз С. К.</i>	
Комп'ютерне моделювання механічної частини плазмового ЧПУ верстата .....	170
<i>Піхтерьов А.Д.</i>	
Переваги та недоліки 3D-принтерів з полярною кінематикою .....	174
<i>Придятько Д.Р.</i>	
Огляд можливостей систем технічного зору для пошуку вибухонебезпечних предметів .....	178
<i>Шерстюк А. М.</i>	
Системологічний аналіз проблеми автоматизації виявлення браку продукції приладобудівельного підприємства .....	183
<i>Лукеча І.</i>	
Математична модель системи позиціонування стимулюючого електрода на біологічно активні точки .....	189
<i>Обозін Я.В.</i>	
Особливості засобів для ремонту пошкоджених автомобілів .....	195
<i>Shevchenko A.A.</i>	
Development of Program Tools to Provide Automated Data Plots Visualisation for Scientific Aided Computation Software .....	199

<i>Шишко А.Т., Кулешов Д.С.</i>	
ІоТ-рішення для автоматизації виробничого приміщення на базі ESP8266 та Веб-сервера .....	205
<i>Білошапка І.В.</i>	
Розробка методів щодо створення програмних модулів автоматизованого проектування деталей для системи LibreCAD .....	209
<i>Левченко К.О.</i>	
Кінематика 3D – принтерів .....	215
<i>Муравка Р.</i>	
Дослідження роботи мобільного робота з використанням різних сенсорів для збору даних про зовнішнє середовище .....	219
<i>Скляр М. В., Тарасенко К. А.</i>	
Впровадження технологій 3D візуалізації у виробництво та навчання .....	224
<i>Скрипниченко В.О.</i>	
Вплив автоматичних регуляторів на лінійні об'єкти автоматизації .....	229
<i>Пустовалов Д.</i>	
Дослідження методу триангуляції та його застосування у робототехніці та повсякденному житті .....	235
<i>Леонов Ю.С.</i>	
Аналіз систем підігріву та підтримання температури повітря в 3D-принтер .....	241
<i>Щербина В.</i>	
Розробка віддаленої системи екстреного керування мобільним роботом на базі ESP8266 .....	245
<i>M. Sc. Isabelle Elisabeth Metzen, Nienova D.V.</i>	
Utilizing Engineering and Programming Approaches Implemented in a Multidisciplinary Experiment as an Innovation Platform for Biological Climate Change Research .....	248
<i>Ахмад Д.Х.</i>	
Сервер для організації обміну даними та керування мобільною платформою .....	253
<i>Бузніков В.Р.</i>	
Використання технології комп'ютерного зору для виявлення вибухонебезпечних предметів .....	257
<i>Гребенюк Б.А.</i>	
Розробка підсистеми управління інтелектуальним роботом .....	263
<i>Карпов М.С.</i>	
Аналіз бездротових сенсорних мереж .....	270
<i>Поддубняк І. А.</i>	
Розробка мобільної платформи для пошукових робіт .....	277
<i>Шаталюк Р.Р.</i>	
Інтелектуальна автоматизація технологічних процесів .....	283
<i>Візір Ю.С., Кравченко К.В.</i>	
Система автоматизованого контролю та підтримки оптимального рівня освітленості у приміщеннях .....	287
<i>Лащин З.В.</i>	
Автоматизація процесу управління ресурсами навчальних лабораторій .....	291
<i>Шаталюк Р.Р.</i>	
Аналіз сучасних інтелектуальних технологій, які застосовуються при виробництві приборів та систем .....	296

<i>Сокол Б.В.</i>	
Порівняльне моделювання кінематик 3D принтера .....	300
<i>Бєлий Я.В.</i>	
Особливості управління багатоступневими взаємопов'язаними нелінійними об'єктами .....	305
<i>Шаталюк Р.Р.</i>	
Інтелектуальна автоматизація технологічних процесів .....	308
<i>Бєлий Я.В.</i>	
Розробка однорівневої системи контролю та управління доступом .....	313
<i>Шаталюк Р.Р.</i>	
Аналіз сучасних інтелектуальних технологій, які застосовуються при виробництві приборів та систем .....	318
<i>Монзер А.А.</i>	
Автоматичне визначення області сканування в адаптивній бінарізації зображення .....	322
<i>Савченко П.М.</i>	
Особливості виробничих адаптивних систем автоматичного управління .....	326
<i>Савченко П.М.</i>	
Розробка системи управління світломузичною установкою на базі arduino Nano .....	330
<i>Катишев І.А., Катишев В.І.</i>	
Збільшення ефективності вакуумного сонячного колектора .....	333

## АНАЛІЗ СИСТЕМ ПІДГРІВУ ТА ПІДТРИМАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ В 3D-ПРИНТЕР

**Леонов Ю.С.**

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61171, Харків, пр. Науки 14

E-mail:

**Анотація:** Дана стаття присвячена дослідженню сучасних методів контролю та підтримки температури під час 3D друку. У ході аналізу було проведено конструктивне рішення щодо вдосконалення екструдера за рахунок впровадження в нього «Heat preservation shell». Дане конструктивне рішення дозволяє забезпечити високу точність підтримки температурним режимом під час 3D друку. Проведено моделювання з використанням спрощення моделі FEM.

**Ключові слова:** адитивні технології, 3D друк, МКЕ, FEM.

## ANALYSIS OF THE SYSTEMS FOR GROWTH AND TEMPERATURE REPAIR IN A 3D PRINTER

**Y. Leonov**

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61171, Kharkiv, 14 Nauky Ave

E-mail:

**Annotation:** This article is devoted to the study of modern methods of temperature control and maintenance in 3D printing. During the analysis, a constructive solution was carried out to improve the extruder, due to the introduction of a “Heat preservation shell” into it. This design solution allows for high accuracy in maintaining temperature conditions during 3D printing. Simulation was carried out using a simplified FEM model.

**Key words:** additive technologies, 3D printing, FEM.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Моніторинг та підтримка температурного режиму повітря в 3D принтері є важливим для забезпечення якісного друку. У 3D принтері пластик нагрівається до певної температури і потім видмухується через сопло для створення об'єкта. Якщо температура повітря всередині принтера занадто висока або низька, це може призвести до деформації або навіть руйнування об'єкта, а також порушення працездатності самого принтера. Важливо відзначити, що різні типи пластику потребують різних температур для друку. Наприклад, ABS-пластик вимагає вищої температури, ніж PLA-пластик. Тому моніторинг та підтримка температурного режиму необхідні для того, щоб гарантувати правильну температуру для кожного типу пластику. Крім того, нестабільність температури всередині принтера може призвести до погіршення якості друку, оскільки навіть невеликі відхилення можуть спричинити появу дефектів на поверхні об'єкта. Таким чином, дослідження систем моніторингу та підтримки температурних режимів повітря у 3D принтері є необхідним для забезпечення якісного друку та стабільної працездатності принтера, а в наслідок цього тема дослідження є актуальною.[1-3]

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** Існує кілька методів моніторингу та підтримки температурного режиму повітря у 3D принтері, розглянемо деякі з них:

- використання термопари: термопара – це пристрій, який може вимірювати температуру. Вона може бути встановлена всередині 3D принтера та підключена до контролера принтера, який може автоматично підтримувати задану температуру;

- використання термістора: термістор – це датчик температури, який можна встановити всередині принтера. Він працює шляхом вимірювання змін опору залежно від температури. Контролер принтера може використовувати ці дані для регулювання температури всередині

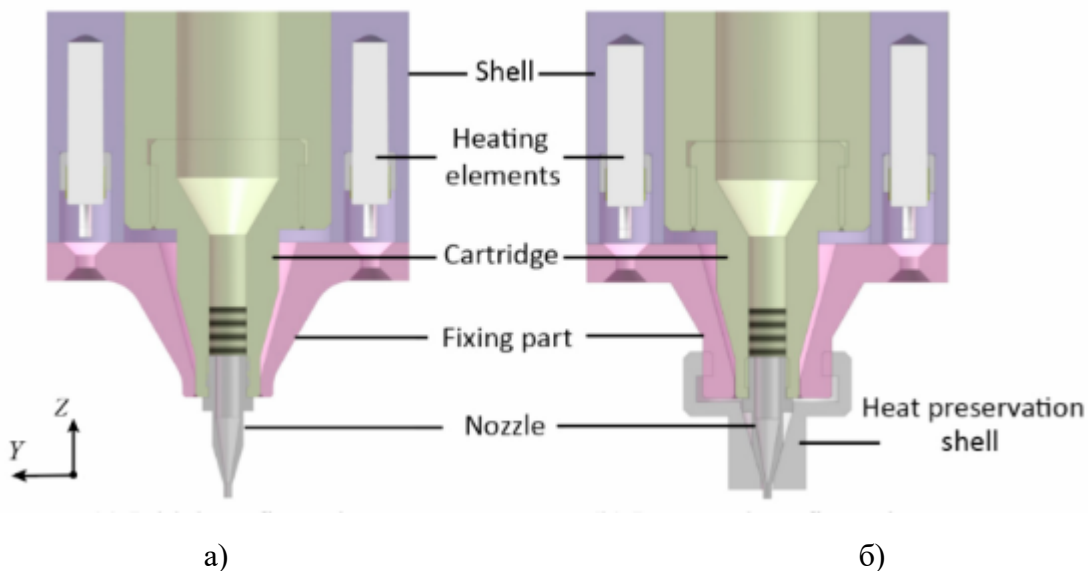
принтера;

- використання датчиків повітря: датчики повітря можуть вимірювати температуру та вологість усередині принтера. Вони можуть бути встановлені на вході та виході повітря, щоб забезпечити точне вимірювання температури повітря, яка надходить у 3D принтер;

- використання системи охолодження: система охолодження може використовуватись для підтримки низької температури всередині принтера. Вона може бути реалізована через встановлення вентиляторів або кондиціонерів.

Через конвективне перенесення тепла між навколишнім повітрям та нагрітою друкуючою голівкою, втрата тепла через зовнішню поверхню друкуючої голівки може призвести до температурного градієнта в температурному полі друкувальної голівки. Це явище особливо помітне в районі сопла, тому що його об'єм набагато менший за корпус і картридж. Це викличе велике відхилення між заданою температурою та реальною температурою на соплі, що знижує точність контролю температури процесу формування нитки.

Щоб збільшити точність регулювання температури, слід зменшити зниження температури на соплі. У роботі Peng Zhang запропоновано покращену конфігурацію на основі вихідної друкуючої голівки, як показано на рисунку 1.[4]



а)

а) класична друкуюча голівка екструдера;

б) вдосконалена друкуюча голівка екструдера.

б)

Рисунок 1 – Покращена конфігурація на основі вихідної друкуючої голівки

Основна ідея покращеної конфігурації полягає в обмеженні втрат тепла із зовнішніх поверхонь сопла. Тому була розроблена оболонка для збереження тепла, що повністю закриває сопло. Існують дві схеми матеріалознавства теплозберігаючої оболонки. Перша схема – виготовлення теплозахисної оболонки із поліетеретеркетону (ПЕЕК). Теплова конвекція між соплом та повітрям замінюється теплопровідністю між соплом та теплозахисною оболонкою з ПЕЕК. ПЕЕК можна використовувати для запобігання втратам тепла через його погану теплопровідність, а це означає, що за допомогою цієї схеми можна зменшити падіння температури сопла. Друга схема полягає у виготовленні теплозберігаючої оболонки з алюмінієвого сплаву. На відміну від ПЕЕК, алюмінієвий сплав демонструє відмінну теплопровідність передачі тепла від нагрівальних елементів до сопла через металеву оболонку та фіксуючу частину. Це може забезпечити додаткове нагрівання сопла в порівнянні з вихідною конфігурацією друкувальної голівки. Обидві запропоновані схеми в принципі справедливі. У наступних розділах точність контролю температури вихідної друкувальної голівки та її покращена конфігурація будуть досліджені та порівняні чисельно, щоб ухвалити рішення про вибір матеріалу.

Для точної оцінки розподілу температури друкувальної голівки в її робочому стані на основі МКЕ створюється стаціонарна теплова імітаційна модель голівки. Проаналізовано теплові граничні умови друкувальної голівки, розрахункова сітка друкувальної голівки показана на рисунку 2.

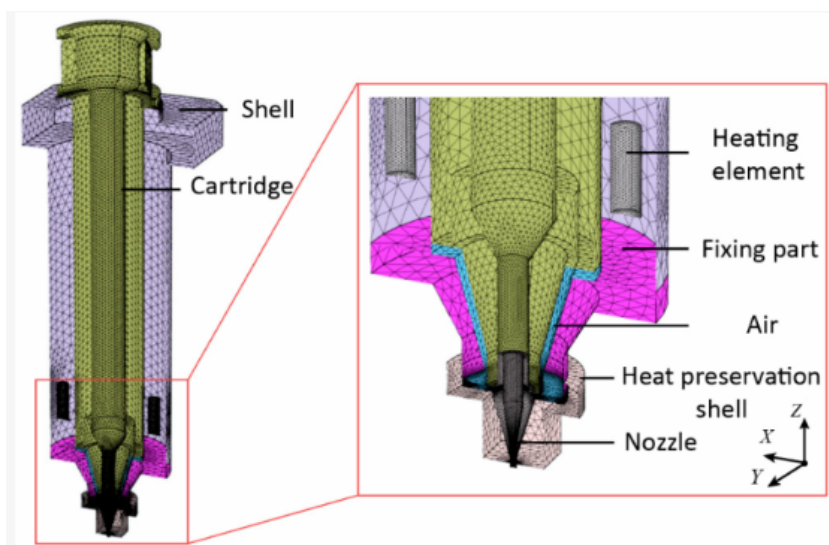


Рисунок 2 – Спрощення моделі FEM екструдера

Щоб спростити процес моделювання та підвищити ефективність розрахунків, геометричні особливості, такі як фаски та отвори під гвинти, були проігноровані для спрощення моделі FEM. Нагрівальний елемент розглядається як температурна межа із постійною температурою. Зовнішні поверхні друкувальної голівки спрощені як межа конвективного теплообміну. Крім того, для підвищення точності моделювання враховується тепловий опір контактних поверхонь між двома сусідніми деталями. Крім того, внутрішнє повітря в зазорі між картриджем і фіксуючою частиною також бралось до уваги, як показано у збільшеному вигляді на рисунку 2. Загальна кількість сіток у моделі FEM досягла 1 400 000. полігонів для моделювання джерела тепла, коефіцієнтів конвекційної теплопередачі та теплового контактного опору. Його також можна використовувати для термічного аналізу інших головок, що друкують.

**ВИСНОВКИ.** В рамках даного дослідження проведено аналіз методів моніторингу та підтримки температурного режиму повітря у 3D принтері, проведено дослідження конструктивного покращення конфігурації екструдера, за рахунок використання «Heat preservation shell» з використанням сучасних методів FEM моделювання. Отримані результати показали зону розділу температурної межі з постійною температурою на екструдері. В майбутньому планується розробити деталізовану модель екструдера, та розробити адаптивний метод підігріву та підтримання температури повітря в 3D-принтері.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Yehia Ibrahim, Roger Kempers, A. Amirfazli (2019). 3D printed electro-thermal anti- or de-icing system for composite panels. Cold Regions Science and Technology Volume 166. <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2019.102844>.
2. Gergely Takács; Martin Gulán; Juraj Bavlina; Richard Köplinger; Michal Kováč; Erik Mikuláš; Sohaibullah Zarghoon; Richard Salíni. (2019). HeatShield: a Low-Cost Didactic Device for Control Education Simulating 3D Printer Heater Blocks. In IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON). DOI: 10.1109/EDUCON.2019.8725201.
3. Yang Gao; Wei Wang; Yincheng Jin; Chi Zhou; Wenyao Xu; Zhanpeng Jin (2021). ThermoTag: A Hidden ID of 3D Printers for Fingerprinting and Watermarking. Transactions on

Information Forensics and Security, Volume: 16, Page(s): 2805 – 2820. DOI: 10.1109/TIFS.2021.3065225.

4. Zhang P, Gao Q, Yu K, Yao Y, Lu L. Investigation on the Temperature Control Accuracy of a Print Head for Extrusion 3D Printing and Its Improved Design. *Biomedicines*. 2022; 10(6):1233. <https://doi.org/10.3390/biomedicines10061233>.

5. Attar, H., & et al. (2022). Control System Development and Implementation of a CNC Laser Engraver for Environmental Use with Remote Imaging. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, Article ID 9140156, <https://doi.org/10.1155/2022/9140156>.

6. Development of a 3D Model of a Manipulator for Mobile Robotic Platforms Based on Unigraphics NX / V. Yevsieiev, I. Nevliudov, N. Demska, Y. Valkivskyi // *Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського*. – Серія : Технічні науки. – 2022. – Т. 33(72), № 1. – С. 157–164.

7. Nevliudov, I., Razumov-Fryziuk, I., Yevsieiev, V., Nikitin, D., Blyzniuk, D., & Strelets, R. (2022). Cost estimation of photopolymer resin for 3D exposure of circuit boards. *Technology Audit and Production Reserves*, 2(2(64), 43–49. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2022.256538>.

9. Розробка 3D-моделі зооморфного мобільного робота для вертикальних переміщень по металевим поверхням / І. Ш. Невлюдов, В. В. Євсєєв, Н. П. Демська, В. О. Руденко // *Наука і техніка сьогодні*. – 2022. – № 4(4). – С.163-174.

10. Yevsieiev, V., Maksymova, S., & Starodubcev, N. (2023). An Automatic Assembly SMT Production Line Operation Technological Process Simulation Model Development. *International Science Journal of Engineering & Agriculture*, 2(2), 1–9. <https://doi.org/10.46299/j.isjea.20230202.01>

11. A Small-Scale Manipulation Robot a Laboratory Layout Development / Yevsieiev V., Starodubcev N., Maksymova S., Stetsenko K. // *International independent scientific journal*, №47, P.18-28. 2023

12. Igor Nevliudov; Vladyslav Yevsieiev; Svitlana Maksymova; Natalia Demska; Kostyantyn Kolesnyk; Olha Miliutina. (2022). Object Recognition for a Humanoid Robot Based on a Microcontroller. In XVIII International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH). 07-11 September. DOI: 10.1109/MEMSTECH55132.2022.10002906

13. Viktoriia Bortnikova, Vladyslav Yevsieiev, Iryna Botsman, Igor Nevliudov, Kostyantyn Kolesnyk, Nazariy Jaworski. Queries classification using machine learning for implementation in intelligent manufacturing // Chapter 6 in Monograph «Methods and tools in CAD – selected issues». – Białystok (Poland): Publishing House of Białystok University of Technology. – 2021. – PP. 63-74.

14. Nevliudov, I., & et al. (2021). GUI Elements and Windows Form Formalization Parameters and Events Method to Automate the Process of Additive CyberDesign CPPS Development. *Advances in Dynamical Systems and Applications*, 16(2), 441-455.

15. Nevliudov, I., & et al. (2020). Method of Algorithms for Cyber-Physical Production Systems Functioning Synthesis. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 8(10), 7465-7473.

16. Abu-Jassar, A. T., Attar, H., Yevsieiev, V., Amer, A., Demska, N., Luhach, A. K., & Lyashenko, V. (2022). Electronic User Authentication Key for Access to HMI/SCADA via Unsecured Internet Networks. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, Article ID 5866922. <https://doi.org/10.1155/2022/5866922>.

**Науковий керівник:** Гурін Дмитро Валерійович, старший викладач кафедри КІТАМ, Харківського національного університету радіоелектроніки