

**ДОДАТОК А**  
**РЕЗУЛЬТАТИ ВИМІРЮВАНЬ**

№	Матеріал зразка	Діаметр електродів, мм	Тип електроду	Струм, А	Діаметр заготовки	Тиск, МПа
1	СТ-3	3	A	65	6	138
2			A	78	6	157
3			A	91	6	167
4			A	104	6	174
5			A	117	6	188
6			A	130	6	192
7			R	65	6	144
8			R	78	6	162
9			R	91	6	173
10			R	104	6	182
11			R	117	6	190
12			R	130	6	198
13			C	65	6	124
14			C	78	6	132
15			C	91	6	141
16			C	104	6	148
17			C	117	6	154
18			C	130	6	160
19			B	65	6	148
20			B	78	6	156
21			B	91	6	169
22			B	104	6	174
23			B	117	6	185
24			B	130	6	196
25			A	65	12	112
26			A	78	12	122
27			A	91	12	139
28			A	104	12	151
29			A	117	12	159
30			A	130	12	165
31			R	65	12	121
32			R	78	12	132
33			R	91	12	141
34			R	104	12	149
35			R	117	12	156
36			R	130	12	168
37			C	65	12	118
38			C	78	12	126
39			C	91	12	135
40			C	104	12	142
41			C	117	12	149
42			C	130	12	155
43			B	65	12	142
44			B	78	12	153
45			B	91	12	161
46			B	104	12	169
47			B	117	12	171
48			B	130	12	175

**ДОДАТОК Б**  
**АБРОБАЦІЯ НАУКОВИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ**

Міністерство освіти і науки України



**NURE**

Харківський національний університет  
радіоелектроніки

## **ЗБІРНИК**

**студентських наукових статей**

«Автоматизація та приладобудування»

«Automation and Development of Electronic Devices»

**ADED-2024**

(Випуск 2)

[електронне видання]



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



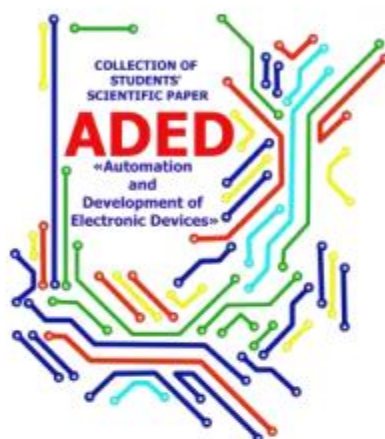
<http://itez.zntu.edu.ua/>



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

Харків 2024

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-2024**  
(Випуск 2)  
[електронне видання]

Харків 2024

---

<b>Головий редактор</b>	<b>Невлюдов Ігор Шакирович</b> , доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.
<b>Редакційна колегія:</b>	<p><b>Филипенко Олександр Іванович</b>, доктор технічних наук, професор, декан факультету Автоматики та комп'ютеризованих технологій, Харківського національного університету радіоелектроніки.</p> <p><b>Цимбал Олександр Михайлович</b>, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.</p> <p><b>Андрусевич Анатолій Олександрович</b>, доктор технічних наук, професор, начальник Криворізького коледжу національного авіаційного університету</p> <p><b>Косенко Віктор Васильович</b>, доктор технічних наук, професор, зам. директора Державного підприємства «Південний державний проектно-конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості».</p> <p><b>Замірець Микола Васильович</b>, доктор технічних наук, професор, директор Державного підприємства Науково-дослідного технологічного інституту приладобудування.</p> <p><b>Свищ Володимир Митрофанович</b>, доктор технічних наук, професор, радник директора Державне науково-виробниче підприємство «Об'єднання Комунар».</p> <p><b>Фомовська Олена Владиславівна</b>, кандидат технічних наук, доцент завідувач кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського.</p> <p><b>Кухаренко Дмитро Володимирович</b>, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського</p> <p><b>Демська Наталія Павлівна</b>, кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.</p> <p><b>Фурманова Наталія Іванівна</b>, кандидат технічних наук, доцент, декана факультета Радіоелектроніки і телекомунікацій, Національного університету «Запорізька політехніка».</p>
<b>Відповідальний редактор:</b>	<b>Євсєєв Владислав В'ячеславович</b> , 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-2024) [Електронний ресурс]: збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки ; [редкол.: І.Ш. Невлюдов та ін.]. – Харків : ХНУРЕ, 2024. – Вип. 2. – 290с.

Collection of Students' Scientific Paper «Automation and Development Of Electronic Devices» ADED-2024 Part 2 (Key infrastructure 2024) - Kharkiv/ The Editorial.: Nevlyudov I.Sh. (head), that all. Kharkiv: Kind of Kharkiv National University of Radio Electronics [electronic edition], 2024. – 290p 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 26.12.2024

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, 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка; 172 Телекомунікації та радіотехніка, 171 Електроніка та 163 Біомедична інженерія. Статті надані в авторській редакції.

©ХНУРЕ, 2024 рік

## ЗМІСТ

<i>Гребенков Д.В.</i> Дослідження використання повітряних безпілотних систем та їх класифікація .....	8
<i>Івашенко К.В.</i> Розробка багатоканальної системи подачі філаменту для багатокольорового 3D друку	15
<i>Кальченко А.С.</i> Розробка полярного 3D принтеру з можливістю друку без технологічних підтримок ...	20
<i>Піхтерьов А.Д.</i> Корекція системи координат полярного 3D принтеру для підвищення якісних показників друку .....	29
<i>Вінниченко С.О.</i> Система автоматизації для забезпечення керування якістю продукції на всіх етапах виробництва .....	38
<i>Івашенко К.В.</i> Системи мультиматеріального 3D-друку .....	43
<i>Лашин З.В.</i> Аналіз методів та принципів використання автоматизованих керованих транспортних засобів у виробничому процесі .....	53
<i>Єчевський А. Д.</i> Розумний світлофор: технологія майбутнього для сучасних міст .....	64
<i>Маруніч Р.В.</i> Особливості застосування IoT у сфері безпеки .....	71
<i>Твердохліб А.О.</i> Роль штучного інтелекту в оптимізації інформаційно-пошукових систем .....	77
<i>Shchokolov I.S.</i> The role of automation and cals systems in changing human factor in production .....	82
<i>Поліканов К.А.</i> Ключові функції та можливості інтелектуальних систем для модульного житла .....	87
<i>Сухомлінова Д.А.</i> Огляд концепцій дистанційного керування та моніторингу дронів .....	92
<i>Артюх В.С., Кацесв В.А.</i> Аналіз та моделювання Shuttle-систем .....	97
<i>Обривко Є.В.</i> Аналіз методів і функцій захисту даних для ресурсів дистанційного навчання .....	107
<i>Сверчков М.О.</i> Системи автоматизації для модульних роботизованих систем виробничного призначення .....	113
<i>Панков А.А.</i> Дослідження методів розробки програмного модуля автоматизованого управління замкненою виробничою ділянкою .....	118
<i>Петров Е.С.</i> Аналіз методів підвищення ефективності складального виробництва за принципами Lean Production .....	126
<i>Сагула О.О.</i> Аналіз програмного нейромережевого модуля для виявлення дронів на основі Yolov5..	130

<i>Александрович Д.П.</i> Розроблення автоматизованої системи віддаленого керування аварійним електропостачанням на виробничому підприємстві .....	138
<i>Васенко А.В.</i> Аналіз розвитку систем автоматичного розпізнавання автомобільних номерів .....	145
<i>Водяницький М.А.</i> Розробка системи розумного доступу до виробничого приміщення з використанням технологій комп'ютерного зору .....	147
<i>Глушенко О.Г.</i> Аналіз ефективності інфрачервоних нагрівачів для монтажу та демонтажу SMD та BGA компонентів .....	152
<i>М.С. Греков</i> Безпілотна робототехнічна мобільна платформа для надання гуманітарної допомоги...	157
<i>Жуков А.І.</i> Підсистема для оптимізації взаємодії між державними органами та людьми з обмеженими можливостями .....	164
<i>Жукова Л.С.</i> Автоматизована підсистема розрахунку компенсацій і пільг для працівників промислових підприємств .....	170
<i>Редькін К.С.</i> Інтеграція газових котлів з системою сучасного теплозабезпечення України .....	176
<i>Карпенко А.</i> Overview at modern mine detecting robots .....	181
<i>Краснопольов М.Р., Казановська К.А.</i> Автоматизація логістичних систем з використанням кіберфізичних підходів .....	186
<i>Кривенко Д.</i> Автоматизація ідентифікації вантажів на бондових складах .....	191
<i>Мірошниченко Ю.М.</i> Аналіз сучасних робототехнічних комплексів .....	196
<i>Олінкевич Я.В.</i> SRM-система в сучасному підприємстві: ефективне управління бізнес-процесами .....	202
<i>Погребняк В.В.</i> Дослідження методів обробки зображень за допомогою бібліотеки OPENCV для пошуку дефектів на поверхні друкованих виробів за технологією FDM/FFF .....	207
<i>Ісмаїлов Т.В.</i> Розробка алгоритму підвищення точності локалізації та навігації рухомих об'єктів .....	214
<i>Илья Карпенко</i> analysis of limitations on the design of a small-dimensional robot for investigating damage to panel buildings .....	219
<i>Дмитрієв Д.В.</i> Розробка реконфігурованого мобільного робота .....	223
<i>Бельков Д.О.</i> Інтелектуальна система управління мікрокліматом у складському приміщенні .....	285

<i>Stetsenko Kateryna</i>	
Design and implementation of a robotic assistant for individuals with disabilities using Raspberry Pi 5 .....	230
<i>Столяренко Н.В.</i>	
Розробка інтерфейсів для керування роботами з використанням штучного інтелекту ...	235
<i>Трембовецька І.Г.</i>	
Аналіз сучасного стану конвеєрних ліній на виробництві .....	241
<i>Хісля К.В.</i>	
Системи автоматизації для ідентифікації та сортування продукції на роботизованому підприємстві .....	248
<i>Чернов К.А.</i>	
Дослідження залежності параметрів FDM 3D друку на міцність деталей .....	251
<i>Шаталюк Р.Р.</i>	
Інтеграція ESP32 у системи контролю доступу та моніторингу робочих місць .....	256
<i>Шаталюк Р.Р.</i>	
Використання штучного інтелекту для ідентифікації працівників у автоматизованих системах .....	261
<i>Фесенко А.О.</i>	
3D-друк та акустика: як зібрати власну портативну колонку .....	266
<i>Твердохліб А.О.</i>	
Основні види зварювання. MMA зварювання та його застосування .....	273
<i>Панков А.А.</i>	
Розробка структури системи автоматизованого управління замкненою ділянкою для пакування та сортування продукції .....	278

УДК 681.56

## ОСНОВНІ ВИДИ ЗВАРЮВАННЯ. MMA ЗВАРЮВАННЯ ТА ЙОГО ЗАСТОСУВАННЯ

**А.О. Твердохліб**

Кафедра КІТАР, Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: artem.tverdokhlib@nure.ua

**Анотація:** у даній роботі досліджуються різновиди видів зварювання. Основну увагу було приділено MMA зварювання покритим електродом. Що дозволяє визначити специфіку електродів, щодо взаємодії з матеріалом зварювання.

**Ключові слова:** контактне зварювання, аргонно-дугове зварювання, mig-mag зварювання, лазерне зварювання, плазмове зварювання.

### BASIC TYPES OF WELDING. MMA WELDING AND ITS APPLICATION

**Artem Tverdokhlib**

Department of KITAP, Kharkiv National University of Radioelectronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, 14 Nauky Ave.,

E-mail: artem.tverdokhlib@nure.ua

**Annotation:** This paper investigates the different types of welding. The main attention was paid to MMA welding with a coated electrode. This allows us to determine the specifics of the electrodes in terms of interaction with the welding material.

**Keywords:** resistance welding, argon arc welding, mig-mag welding, laser welding, plasma welding.

Зварювання є одним із основних технологічних процесів виготовлення та ремонту виробів у різних галузях промисловості, будівництва і транспорту. Без зварювання неможливе виробництво автомобілів, кораблів, літаків, мостів, реакторів та інших конструкцій. Зварювання дозволило створити принципово нові конструкції машин, ввести корінні зміни в конструкцію й технологію виробництва.

Основною задачею даної роботи – є визначення типів і різновидів електродів для ручного дугового зварювання, та їх вплив на сам процес зварювання.

На сьогоднішній день існує безліч методів зварювання, які обирають залежно від матеріалу, товщини та інших характеристик. Серед них виділено п'ять найбільш поширених видів, які використовуються найчастіше. Типи зварювання, їх переваги та недоліки наведені у табл. 1.

Таблиця 1 - Типи зварювання, їх переваги та недоліки

№	Тип зварювання	Переваги	Недоліки
1	2	3	4
1	Контактне зварювання	– економія енергії; – забезпечує високу продуктивність; – низька деформація деталей.	– обмеження у товщині матеріалу; – високі вимоги до чистоти поверхонь.

273

Продовження таблиці 1

1	2	3	4
2	Аргонно дугове зварювання (TIG)	– можливість зварювання різних металів і сплавів, а також виконання пайки; – легке переносне обладнання, що підходить для роботи в польових умовах; – низькі витрати на газ (ацетилен, кисень).	– процес може бути повільнішим у порівнянні з електричними методами, такими як MIG або TIG; – не завжди підходить для зварювання товстих металів; – якщо не дотримуватись належних заходів, може статися окислення зварювальної ванни.
3	Mig-Mag зварювання	– дозволяє швидко з'єднувати металеві поверхні; – міцний і чистий шов завдяки захисному газу; – процес є універсальним, для різних металів.	– вимагає стабільного захисного середовища, тому його важко застосовувати на відкритому повітрі, де є ризик впливу вітру.
4	Плазмове зварювання	– підвищена концентрація теплоти.; висока – здатність зварювати деталі товщиною до 10 мм без необхідності попередньої обробки кромки..	– оптичне випромінювання та небезпечна іонізація повітря.; – утворення парів металу під час зварювання; – короткий термін служби сопла пальника через інтенсивний нагрів..
5	Лазерне зварювання	– використовується для точного зварювання мікро- та дрібних деталей.	– навіть незначні відхилення можуть призвести до дефектів зварного шва; – мала міцність зварного шва.

Для дугового ручного зварювання важливу роль відіграє вибір електрода. При виборі електрода для роботи з конкретним матеріалом важливо враховувати його хімічний склад, твердість та товщину, рис. 1.

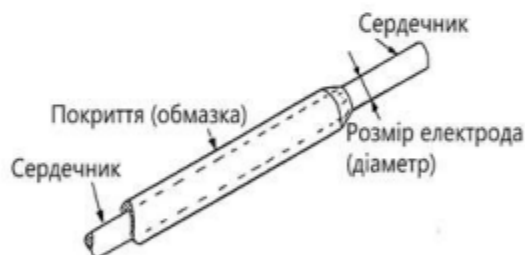


Рис. 1. Структура електрода для дугового зварювання

Залежно від товщини покриття (співвідношення загального діаметру електрода і перерізу стрижня, що вказується в паспорті), підрозділяються на, рис. 2:

- М (тонкі) – <1,45;
- С (середні) – <1,2;
- Д (товсті) – 1,45-1,8;
- Г (надтовсті) – >1,8.

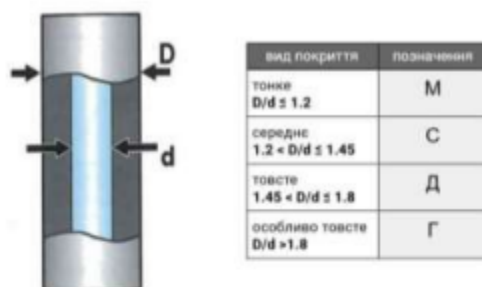


Рис. 2. Класифікація покритих електродів за товщиною покриття

За призначенням ( тобто найбільш відповідні для проведення зварювальних робіт з певним видом сталі) електроди маркуються таким чином:

- Л – легована з опором розриву  $>600$  Мпа;
- У – вуглецева і низьколегована  $<600$ ;
- «У» – високолегована;
- Т – теплостійка легована.

Окремим видом пристосувань для зварювання є мідні трубчасті електроди. Їх використовують при необхідності обробити отвори діаметром до 2мм. Від інших своїх «побратимів» вони відрізняються:

- особливо жорсткою конструкцією;
- винятковою точністю перерізу зовнішньої частини виробу;
- відсутністю на поверхні шорсткості;
- наявністю каналу для рідини, яка виводить з оброблюваного отвору продукти ерозії.

Для проведення досліджень впливу електродів та параметрів для MMA зварювання на міцність зварного шва, будуть використовуватися наступні типи електродів:

– електроди з кислим покриттям (А). Покриття електродів складається з оксидів марганцю і заліза, гематиту, кремнезему. Ці електроди дають рівний зварний шов. У більшості випадків ці електроди не потребують сушіння, якщо немає білих плям або інших дефектів, що перешкоджають зварюванню. Наявність великої кількості оксидів марганцю і заліза робить такі електроди токсичними для зварника. Зварювання проводиться змінним струмом (АС) або постійним струмом будь-якої полярності (DC), у всіх просторових положеннях;

– електроди з рутилітним покриттям (R). Вони мають універсальне застосування. До складу наплавлення входять рутил, феросиліцій, феромарганець і слюда, що забезпечує дрібнолускату поверхню зварювального шва. Крім того, шлак, що утворюється, легко видаляється. Зазвичай вони не потребують сушіння, якщо тільки на їхній обмазці не з'являється білий наліт або дуга під час зварювання горить нестабільно. Зварювання виконують змінним струмом (АС) або постійним струмом будь-якої полярності (DC). Дозволяють виконувати зварювання у всіх положеннях, крім вертикального зверху вниз. Ідеально підходять для зварювання тонких виробів;

– електроди з целюлозним покриттям (С). Вони особливо зручні для зварювання на відкритому повітрі, оскільки не дуже чутливі до атмосферних впливів. До складу їхньої обмазки входять розкислювачі, деревне борошно і до 30% целюлози. Їх не потрібно сушити перед використанням, оскільки найкращих зварювальних властивостей вони набувають, коли вміст вологи в їхньому покритті становить 3% і більше. Зварювання виконують змінним (АС) або постійним (DC) струмом у всіх положеннях, особливо у вертикальному зверху вниз;

– електроди з основним покриттям (В). Ці електроди характеризуються високою пластичністю шва і стійкістю до холодного і гарячого руйнування. До складу їхньої обмазки входять, зокрема, флюорит, карбонати кальцію і магнію. Перед використанням вони мають бути просушені протягом 1-3 годин, за температури 300-3500 С. Зварювання проводять постійним струмом (DC) зворотної полярності у всіх положеннях, крім вертикального зверху вниз.

Крім того, існують електроди з покриттям, що поєднує окремі компоненти, згадані вище, наприклад, рутил-целюлозні електроди або електроди на рутиловій основі. Їх вибір потрібно здійснювати з урахуванням специфіки виконуваних робіт, матеріалу, що зварюється, умов проведення зварювальних робіт, що склалися, а також обладнання, що використовується, і досвіду зварника. Під час вибору електродів для зварювання MMA, крім їхнього типу, слід також звертати увагу на їхній діаметр, який має залежати від товщини матеріалу, що зварюється.

В якості матеріалів тестових зразків будуть використовуватися металеві прутки марки сталі Ст3, діаметром 6 мм та 12 мм. Діаметр електроду 3 мм, таким чином струм зварювання лежить в межах від 65 А до 130 А. Для зручності буде обрано 6 значень струму, а саме: 65 А, 78 А, 91 А, 104 А, 117 А та 130 А. Н рис. 3 наведені результати міцності зварного шва.

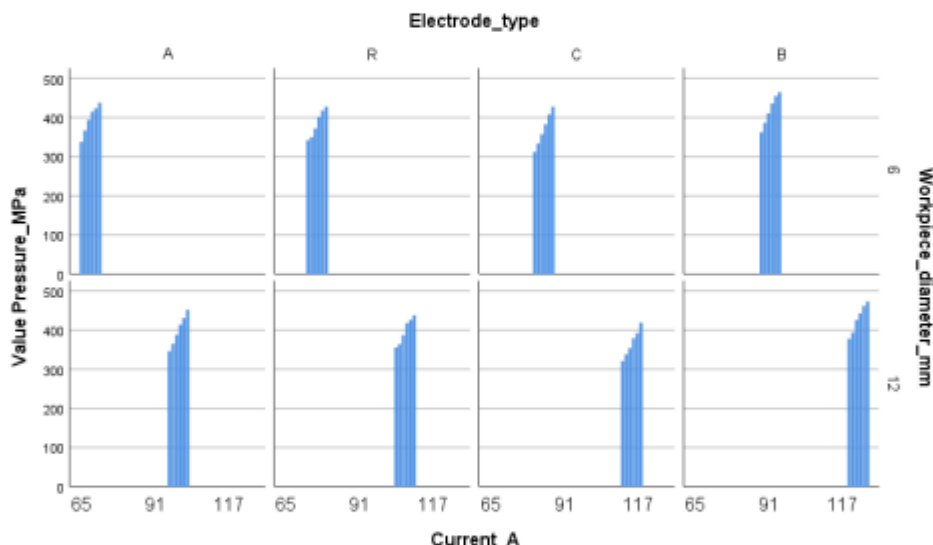


Рис.3. Результати дослідження міцності зварного шва при використанні різних електродів

**ВИСНОВКИ.** Було проведено аналіз а також описано науково-дослідну роботу та отримані результати. У процесі виконання роботи було вивчено предметну область зварювання, її основні типи. Досліджено основні методи зварювання металів, наведено переваги та недоліки кожного з них, а також розглянуто особливості їх застосування. Особливу увагу було приділено ручному дуговому зварюванню покритим електродом: досліджено правильний вибір полярності, вибір електродів для MMA зварювання, а також специфіку електродів, щодо взаємодії з матеріалом зварювання.

Також розглянуто різновид електродів: для чого вони використовуються, характеристики, переваги та недоліки. Проведено аналіз параметрів зварювання, вони є ключовими для забезпечення якості зварного шва та ефективності процесу. Вибір оптимальних параметрів, таких як сила струму, напруга, швидкість зварювання, тип електрода, захисний газ і тип обладнання, визначає механічні властивості шва, його міцність, пластичність та стійкість до деформацій.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Lincoln Electric [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://www.lincolnelectric.com/en-gb/support/welding-howto/Pages/welding-how to.aspx](https://www.lincolnelectric.com/en-gb/support/welding-howto/Pages/welding-how-to.aspx).
2. Miller Welds [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.millerwelds.com/resources/welding-resources>.

**Науковий керівник:** Нікітін Дмитро Олександрович, старший викладач. КІТАР Харківського Національного Університету Радіоелектроніки

**ДОДАТОК В**  
**ДЕМОНСТРАЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ**

