

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Проректор з навчальної роботи  
Національного технічного  
університету України

“Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського”



Анатолій МЕЛЬНИЧЕНКО

“20” березня 2024 р.

### ВИТЯГ

з протоколу № 15 від 14 березня 2024 р. розширеного засідання  
кафедри зварювального виробництва НН ІМЗ імені Є.О. Патона  
Національного технічного університету України  
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

### БУЛИ ПРИСУТНІ:

- з кафедри зварювального виробництва (ЗВ) НН ІМЗ ім. Є.О. Патона: зав. каф., д.т.н., проф. Квасницький В.В.; проф., д.т.н., проф. Копилов В.І.; проф., д.т.н., проф. Пащенко В.М.; доц., к.т.н., доц. Чвортко Є.П.; доц., к.т.н., доц. Стреленко Н.М.; заст. зав. каф., к.т.н., доц. Коваленко В.Л.; доц., к.т.н., доц. Степанов Д.В.; доц., к.т.н., доц. Чорний А.В.; доц., к.т.н., доц. Мінаков С.М.; ст. викл. Бойко В.П.; ст. викл. Лисак В.О.; проф., д.т.н., проф. Кузнєцов В.Д.; доц., к.т.н., доц. Гаєвський О.А.; доц., к.т.н., доц. Гаєвський В.О.; доц., к.т.н., доц. Зворикін К.О.; доц., к.т.н., доц. Попіль Ю.С.; доц., к.т.н., доц. Сливінський О.А.; ст. викл., к.т.н., доц. Мінаков А.С.; асист., аспірант Вдовиченко І.М.;
- з кафедри високотемпературних матеріалів та порошкової металургії (ВТМПМ) НН ІМЗ ім. Є.О. Патона: проф., д.т.н., проф. Мініцький А.В.;
- з інших кафедр КПІ ім. Ігоря Сікорського:
- з кафедри динаміки та міцності машин і опору матеріалів НН ММІ: член-кореспондент НАН України, д.т.н., професор Бобир М.І.;
- з кафедри конструювання машин НН ММІ: проф., д.т.н., професор Саленко О.Ф.;

Запрошені з інших організацій:

- з відділу математичних методів дослідження фізико-хімічних процесів при зварюванні і спецелектрометалургії Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України: зав. від., д.т.н., ст. н. співр. Махненко О.В.;

- з відділу електротермічних процесів обробки матеріалу Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України: Ph.D, н. співр. Ілляшенко Є.В.;

### **СЛУХАЛИ:**

1. Повідомлення аспіранта кафедри Зварювального виробництва Лагодзінського Івана Миколайовича за матеріалами дисертаційної роботи “Адитивне дугове наплавлення просторових виробів присадними дротами зі сталей та сплавів”, поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 13 – Механічна інженерія за спеціальністю 131 – Прикладна механіка. Освітньо-наукова програма «Прикладна механіка».

Тема дисертаційної роботи «Адитивне дугове наплавлення просторових виробів складної геометричної форми» затверджена на засіданні Вченої ради НН ІМЗ ім. Є.О. Патона КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 4/20 від “09” грудня 2020 року) та перезатверджена на засіданні Вченої ради НН ІМЗ ім. Є.О. Патона КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 2/24 від “26” лютого 2024 року). Тема дисертаційної роботи «Адитивне дугове наплавлення просторових виробів присадними дротами зі сталей та сплавів»

Науковим керівником затверджений д.т.н., професор кафедри зварювального виробництва Квасницький В.В.

### **2. Запитання до здобувача.**

Запитання по темі дисертації ставили:

- д.т.н., старший науковий співробітник, Махненко О.В.; к.т.н., доцент, Зворикін К.О.; к.т.н., доцент, Сливінський О.А.; к.т.н., доцент, Чвертко Є.П.; к.т.н., доцент, Попіль Ю.С.

### **3. Виступи за обговореною роботою.**

В обговоренні дисертації взяли участь:

- д.т.н., професор, Мініцький А.В.; к.т.н., доцент, Сливінський О.А.; к.т.н., доцент, Чвертко Є.П.; д.т.н., професор, Копилов В.І.; д.т.н., професор, Квасницький В.В.; д.т.н., професор, Пашенко В.М.

### **УХВАЛИЛИ:**

**ПРИЙНЯТИ** такий висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертаційного дослідження:

**1. Актуальність теми дослідження.** Синтез об’ємних просторових виробів з використанням WAAM технологій базується на принципі пошарового наплавлення валиків присадного матеріалу. При реалізації процесів пошарового наплавлення намагаються досягти максимальної геометричної точності сформованих виробів. Але процес пошарового

наплавлення з використанням дугових джерел тепла супроводжується не задовільною рівномірністю формоутворення наплавлених шарів, що призводить до збільшення частки наплавленого металу, який йде у відходи при кінцевій механічній обробці заготовки виробу, схильністю наплавленого металу до утворення дефектів, зменшеними у порівнянні з компактними матеріалами фізико-механічними характеристиками металу адитивно наплавлених шарів. Одним з можливих варіантів керування точністю відтворення форми при пошаровому адитивному дуговому наплавленні є вибір відповідного захисного газового середовища (захисної газової суміші), використання регульованої імпульсної подачі зварювального струму (метод Pulse) або ведення процесу в режимі коротких замикань (метод СМТ), застосування технології плазмового наплавлення компактного матеріалу. У окремих наявних наукових роботах вже було розглянуто застосування перспективної технології СМТ у комбінації з різними газовими сумішами та їх вплив на геометричні характеристики адитивно наплавлених виробів при застосуванні в якості присадного матеріалу низьковуглецевих сталей. Однак, на сьогоднішній день залишаються недостатньо вивченими питання щодо впливу методу імпульсної подачі зварювального струму у поєднанні з різними за складом захисними газовими середовищами, технології плазмово-дугового адитивного наплавлення компактного присадного матеріалу на нерівномірність утворених поверхонь наплавлення, формування структури металу, напружень та деформацій, їх комплексний вплив на фізико-механічні властивості готових просторових виробів з низьковуглецевої сталі типу G3Si1 (09Г2С), аустенітної нержавіючої сталі типу Cr19Ni9, сплавів на основі алюмінію (AlMg5), міді (CuSi3Mn1) та нікелю (SBM-4), схильність наплавленого металу до утворення критичних дефектів.

Використання кремнієвих бронз для адитивного синтезу просторових виробів є проблематичним у зв'язку з особливостями перебігу процесу кристалізації при адитивному наплавленні внаслідок дії термоцикування при послідовному формуванні окремих шарів та набуттям анізотропії механічних властивостей при пошаровому наплавленні. Саме тому цей напрямок потребує проведення додаткових досліджень.

В той самий час експериментальне визначення компонент напружено-деформованого стану (НДС) адитивно наплавлених виробів є досить довготривалим та високовартісним процесом, експериментальний підхід не дозволяє отримати величини значень всіх компонент НДС, окремі експериментальні методи визначають параметри компонент напруженого стану лише у поверхневих шарах наплавленого металу та не дозволяють визначати розподіл напружень по товщині стінок виробів. Отримання навіть цієї обмеженої інформації вимагає застосування руйнівних методів досліджень.

Сучасний стан розвитку комп'ютерних технологій та методів числового аналізу забезпечує перспективність застосування нових методів комп'ютерного моделювання процесів формування компонент НДС в метали адитивно наплавлених виробів, зокрема і складної геометричної форми, що дозволяє суттєво скоротити час та матеріальні витрати на проведення

досліджень. На основі розроблених та верифікованих моделей можна напрацьовувати технологічні рекомендації щодо вибору способів, умов та режимів адитивного дугового наплавлення для виробів складної геометричної форми.

Таким чином, проведення комплексних експериментальних та розрахункових досліджень по визначенню впливу методів, технологічних параметрів режимів та умов процесів дугового наплавлення, складу захисного газового середовища на геометричні характеристики, структуру, формування компонент напружено-деформованого стану та фізико-механічні характеристики металу адитивно наплавлених просторових виробів зі сталей різних структурних класів та сплавів на основі алюмінію, міді та нікелю є актуальною задачею, що становить науковий та практичний інтерес.

## **2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами**

Дисертаційна робота виконувалась під час навчання аспіранта в КПІ ім. Ігоря Сікорського на кафедрі зварювального виробництва. Основні результати роботи були отримані дисертантом при виконанні ініціативної наукової теми кафедри «Дослідження впливу зварювальних теплових, термомеханічних, статистичних процесів на структуру, технологічну міцність, якість металевих і композиційних матеріалів при зварюванні та адитивних технологіях» (2021-2022 рр.).

**3. Наукова новизна отриманих результатів.** У дисертації вперше одержані такі нові наукові результати:

1. Вперше встановлений комплексний вплив GMAW-CMT, GMAW-Pulse та PAW-CW способів дугового наплавлення та складу захисного газового середовища на формоутворення стінок виробів з низьковуглецевої сталі G3Si1, структурну будову та фізико-механічні властивості адитивно сформованого металу.

2. На основі порівняльного аналізу експериментальних даних вперше встановлено, що GMAW-CMT адитивне дугове наплавлення компактного присадного матеріалу у вигляді дроту суцільного перерізу з низьковуглецевої сталі G3Si1 забезпечує формування стінок виробів найбільшої висоти та найменшої товщини у порівнянні з GMAW-Pulse та PAW-CW способами. Наплавлення в газовій суміші M21 призводить до збільшення ефективної ширини адитивно наплавлених стінок виробів у порівнянні з сумішшю M11, яке складає  $\sim 4$  мм та  $\sim 3,6$  мм відповідно, зменшенню висоти наплавлених шарів на  $\sim 10$  %. Заміна захисної газової суміші M21 на M11 супроводжується суттєвим збільшенням відхилення профілю у середньому на 45...47 %.

3. При GMAW-Pulse адитивному дуговому наплавленні дротом суцільного перерізу низьковуглецевої сталі G3Si1 висота стінок є мінімальною, а ефективна ширина досягає максимальних значень у порівнянні з GMAW-CMT та PAW-CW способами. Заміна газової суміші M11 на M21 призводить до зменшення ефективної ширини стінок з

одночасним зменшенням відхилення профілю на  $\approx 23$  %. Відхилення профілю при PAW-CW способом адитивного дугового наплавлення є мінімальним у порівнянні з іншими розглянутими способами та складає близько 0,35 мм.

4. Вперше виконаний скінченно-елементний аналіз компонент напружено-деформованого стану при пошаровому GMAW та GMAW-Pulse наплавленні кремнієвої бронзи CuSi3Mn1 на базі моделі об'ємного виробу складної геометричної форми. Встановлено, що виникнення тріщин у наплавленому металі пов'язане з формуванням нормальних та еквівалентних напружень розтягу, що вищі за границю міцності матеріалу на  $\approx 13 - 25\%$  в діапазоні температур 550...490 °C.

5. За результатами скінченно-елементного моделювання формування компонент напружено-деформованого стану при адитивному PAW-CW наплавленні прутків жароміцного нікелевого припою SBM-4 на нікелевий дисперсійнотвердіючий жароміцний сплав ЧС88УВІ вперше встановлено, що на ділянках різкої зміни траєкторії наплавлення ( $r < 3 - 5$  мм) величина напружень розтягу в області сплавлення з основою досягає границі міцності матеріалу. Попередній нагрів основи до 150 °C дозволяє зменшити величину напружень розтягу та забезпечує уникнення дефектів типу тріщин та відшарувань.

#### **4. Теоретичне та практичне значення результатів роботи.**

Результати дисертації мають наступне теоретичне та практичне значення:

встановленні закономірностей впливу GMAW-CMT, GMAW-Pulse та PAW-CW способів дугового наплавлення, складу захисного газу на геометричні характеристики наплавлених шарів при виготовленні адитивним наплавленням просторових виробів з низьковуглецевої сталі типу G3Si1 (09Г2С), GMAW-CMT та GMAW-Pulse при виготовленні виробів зі сталі аустенітного класу типу Cr19Ni9, сплавів на основі алюмінію (AlMg5) та міді (CuSi3Mn1).

Встановлено, що плазмово-дугове наплавлення «холодним дротом» (PAW-CW спосіб) у середовищі аргону при застосуванні в якості присадного матеріалу прутків з припою на основі нікелю SBM-4 дозволяє отримати адитивним наплавленням вироби з міцністю на рівні 75-80 % від міцності вихідного матеріалу. Визначені рекомендовані режими наплавлення.

Із застосуванням зварювального джерела Fronius VarioSynergic 4700 з блоком подачі зварювального дроту Fronius VR 3300 створена комп'ютеризована установка для адитивного дугового наплавлення виробів з числовим програмним керуванням на основі G-кодів та модернізована установка ВВУ-КПІ для здійснення наплавлення виробів у контрольованій атмосфері.

Розроблені технологічні рекомендації та обране обладнання для виготовлення прутків з малопластичних матеріалів, отримані прутки припою SBM-4 з розмірами 250×2×2 мм.

Розроблені технологічні рекомендації по виготовленню адитивним дуговим наплавленням із застосуванням компактних присадних матеріалів просторових виробів зі сталей різних структурних класів та сплавів на основі алюмінію, міді та нікелю.

Результати проведених комплексних експериментальних та розрахункових досліджень впроваджені в навчальних процес при викладанні освітніх компонент першого та другого рівнів вищої освіти (бакалавр, магістр) в КПІ імені Ігоря Сікорського.

**5. Апробація/використання результатів дисертації.** Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на міжнародних та вітчизняних науково-технічних конференціях та симпозіумах: 2020 IEEE 10th International Conference Nanomaterials: Applications & Properties (NAP) (Sumy, Ukraine, 2020); Міжнародна науково-технічна конференція «Зварювання та споріднені технології: Перспективи розвитку» (м. Краматорськ, Україна, 2021); П'ятнадцята міжнародна міжгалузева науково-технічна конференція студентів, аспірантів та наукових співробітників (м. Київ, Україна, 2022); International Institute of Welding. The 75th IIW Annual Assembly and International Conference (Tokyo, Japan, 2022); «Зварювання та технічна діагностика для відновлення економіки України» (м. Київ, Україна, 2022 р.); Міжнародна науково-технічна конференція «Міцність і довговічність сучасних матеріалів та конструкцій» (м. Краматорськ, Україна, 2022); Міжнародна конференція «Сучасні напрями розвитку адитивних технологій» (м. Київ, Україна, 2023); IV міжнародна конференція «Інноваційні технології та інжиніринг у зварюванні і споріднених процесах PolyWeld 2023» (м. Київ, Україна, 2023).

#### **6. Дотримання принципів академічної доброчесності**

За результатами науково-технічної експертизи дисертація Лагодзінського І.М. визнана оригінальною роботою, яка не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень.

**7. Перелік публікацій за темою дисертації** із зазначенням особистого внеску здобувача.

За результатами досліджень опубліковано 12 наукових праць, у тому числі:

- 3 статті у наукових фахових виданнях України за спеціальністю 131 – Прикладна механіка
- 1 стаття у періодичних наукових виданнях проіндексованих у базах Scopus та віднесених до третього квартилю (Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports;
- 8 тез доповідей на наукових конференціях;

1. Квасницький, В.В., Лагодзінський, І.М. (2023). Вплив методів GMAW і PAW адитивного дугового наплавлення та складу захисного газу на геометричні характеристики поверхонь і структуру металу виробів. *Автоматичне зварювання*, №11, 23-31. ISSN: 0005-111X. DOI: <https://doi.org/10.37434/as2023.11.02> (Особистий внесок автора полягає у проведеному експериментальних дослідженні, аналізі та узагальненні результатів)
2. Перепічай А.О., Лагодзінський І.М. (2024). Дослідження впливу СМТ та Pulse процесів адитивного наплавлення кремнієвої бронзи CuSi3Mn1 на геометричні розміри, структуру та напружено-деформований стан отриманих заготовок. *Автоматичне зварювання*, 2, 3-11. ISSN: 0005-111X. DOI: <https://doi.org/10.37434/as2024.02.01> (Особистий внесок автора полягає у проведенні експериментальних та розрахункових досліджень, аналізі та узагальненні результатів, формулюванні висновків)
3. Прохоренко, О.В., & Лагодзінський, І.М. (2024). Числове моделювання напружено-деформованого стану при адитивному MIG наплавленні кремнієвою бронзою CuSi3Mn1. *Технічні науки та технології*, 1 (35), 32–47. ISSN: 2411-5363. DOI: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2024-1\(35\)-32-47](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2024-1(35)-32-47) (Особистий внесок автора полягає у проведенні моделювання, верифікації розрахункової моделі, аналізі результатів розрахунків)
4. Kvasnytskyi, V., Korzhyk, V., Kvasnytskyi, V., Matviienko, M., Buturlia, Y., Lahodzinskyi, I., (2023). Designing brazing filler metal for heat-resistant nickel alloys of new generation marine gas turbines. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies (EEJET)*, 12 (125), 32–46. ISSN: 1729-4061. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.288340> (Scopus, Q3) (Особистий внесок автора полягає у проведенні розрахункових та експериментальних досліджень фізичних властивостей та фізико-хімічної взаємодії основного матеріалу та припою).
5. Kvasnytskyi V., Korzhyk V., Lahodzinskyi I., Illiashenko Y., Peleshenko S., Voitenko O. Creation of Volumetric Products Using Additive Arc Cladding with Compact and Powder Filler Materials. 2020 IEEE 10th International Conference Nanomaterials: Applications & Properties (NAP), Sumy, Ukraine, 9–13 November 2020. DOI: <https://doi.org/10.1109/NAP51477.2020.9309696> (Автором проведено скінченно-елементне моделювання та аналіз напружено-деформованого стану адитивно наплавлених виробів).
6. Лагодзінський І.М., Квасницький В.В., Гринюк А.А. Особливості використання СМТ- та PULSE-технологій при дуговому адитивному виготовленні просторових виробів. Зварювання та споріднені технології: перспективи розвитку: тези доповідей V Міжнародної науково-технічної конференції, Краматорськ, Україна, 19–20 жовтня, 2021, С. 50-53. (Особистий внесок автора полягає у обґрунтуванні механізму впливу методу подачі зварювального струму на тепловкладення при пошаровому наплавленні)
7. Лагодзінський І.М., Квасницький В.В. Адитивний синтез біметалевих систем CrNi-Cu із застосуванням СМТ та Pulse процесів. Зварювання та споріднені процеси і технології: матеріали п'ятнадцятої

міжнародної міжгалузевої науково-технічної конференції студентів, аспірантів та наукових співробітників, Київ, Україна, 27-29 Червня, 2022, С. 53-55. *(Особистий внесок автора полягає у проведенні експериментальних досліджень, узагальненні результатів та підготовці презентаційних матеріалів)*

8. **Lahodzinskyi I.**, Korzhyk V., Kvasnytskyi V., Perepichay A., Grynyuk A., Illiashenko Y., Peleshenko S. 3-D printing of spatial products made of steel and non-ferrous alloys using electric arc heat. International Institute of Welding. The 75th IIW Annual Assembly and International Conference, Tokyo, Japan, 17-18 July, 2022, Doc. I-1502-2022. *(Особистий внесок автора полягає у проведенні експериментальних досліджень, аналізі їх результатів, підготовці презентаційних матеріалів)*

9. Коржик В., Квасницький В., Гринюк А., Перепічай А., Іляшенко Є., **Лагодзінський І.**, Пелешенко С., Буріка В. Вплив способів дугового наплавлення на формування шарів та структуру наплавленого металу при адитивному синтезі виробів зі сталей та сплавів. Міцність і довговічність сучасних матеріалів та конструкцій.: праці Міжнародної науково-технічної конференції, Тернопіль, Україна, 10-11 Листопада, 2022, С. 207-210. *(Автором проведено аналіз впливу складу захисної газової суміші на зміну геометричних характеристик наплавлених валиків з низьковуглецевої сталі та сплавів)*

10. Квасницький В.В., Перепічай А.О., Прохоренко О.В., **Лагодзінський І.М.**, Буріка В.В. Адитивний синтез виробів з кремнієвої бронзи типу CuSi3 MIG-CMT та PULSE процесами дугового наплавлення. Зварювання та технічна діагностика для відновлення економіки України: Тези допов. наук. конф. під ред. О.Т. Зельніченка. Міжнародна організація – Зварювання, м. Київ, Україна, 17 Листопада, 2022, С. 36-37. *(Особистий внесок автора полягає у дослідженні напружено-деформованого стану адитивно наплавлених зразків з кремнієвої бронзи).*

11. **Лагодзінський І.М.**, Szymuga M., Квасницький В.В. Вплив складу захисного газу на геометричні характеристики поверхонь отриманих адитивним CMT та Pulse GMAW наплавленням виробів. PolyWeld–2023: збірник матеріалів міжнародної конференції «Інноваційні технології та інжиніринг у зварюванні», Київ, Україна, 23-24 Листопада, 2023, С. 68-71. *(Особистий внесок автора полягає у дослідженні впливу захисного газового середовища у комбінації з різними методами подачі зварювального струму на структуру та механічні властивості адитивно наплавлених виробів)*

12. Квасницький В.В., **Лагодзінський І.М.** Вплив методів GMAW і PAW адитивного дугового наплавлення та складу захисного газу на геометричні характеристики поверхонь і структуру металу виробів. Сучасні напрями розвитку адитивних технологій: тези доповідей науково-технічної конференції під ред. О.Т. Зельніченка, Міжнародна Асоціація – «Зварювання», Київ, Україна, 27 Листопада, 2023, с. 13. *(Особистий внесок автора полягає у проведенні експериментальних досліджень, аналізі результатів, підготовці презентаційних матеріалів)*



Якість та кількість публікацій відповідають “Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44”.

**ВВАЖАТИ**, що дисертаційна робота Лагодзінського І.М. «Адитивне дугове наплавлення просторових виробів присадними дротами зі сталей та сплавів», що подана на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 13 – Механічна інженерія за спеціальністю 131 – Прикладна механіка за своїм науковим рівнем, новизною отриманих результатів, теоретичною та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам, що пред’являють до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії та відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми КПІ ім. Ігоря Сікорського «Прикладна Механіка» зі спеціальності 131 – Прикладна механіка.

**РЕКОМЕНДУВАТИ:**

1. Дисертаційну роботу «Адитивне дугове наплавлення просторових виробів присадними дротами зі сталей та сплавів», подану Лагодзінським Іваном Миколайовичем на здобуття наукового ступеня доктора філософії, до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

2. Вченій раді КПІ ім. Ігоря Сікорського утворити разову спеціалізовану вчену раду у складі:

Голова:

Професор, доктор технічних наук, професор кафедри конструювання машин КПІ ім. Ігоря Сікорського  
**Саленко Олександр Федорович;**

Члени:

Рецензенти:

Професор, доктор технічних наук, професор кафедри високотемпературних матеріалів та порошкової металургії КПІ ім. Ігоря Сікорського

**Мініцький Анатолій Вячеславович;**

Професор, доктор технічних наук, професор кафедри зварювального виробництва КПІ ім. Ігоря Сікорського

**Копилов Вячеслав Іванович;**

Офіційні опоненти:

Старший науковий співробітник, доктор технічних наук, завідувач відділу математичних методів дослідження фізико-хімічних процесів при зварюванні і спецелектрометалургії Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України

**Махненко Олег Володимирович;**

Професор, доктор технічних наук, професор кафедри зварювання Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»

**Дмитрик Віталій Володимирович**

Головуючий на засіданні  
к.т.н., доцент, заст. зав. кафедри ЗВ  
НН ІМЗ ім. Є.О. Патона,  
КПІ ім. Ігоря Сікорського



Владислав КОВАЛЕНКО

Вчений секретар  
кафедри зварювального виробництва  
провідний інженер



Ірина ГРИША