

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
ІНСТИТУТ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА ТА ЗВАРЮВАННЯ ІМ. Є.О. ПАТОНА

ЗАТВЕРДЖЕНО

Голова Атестаційної комісії  
Інституту матеріалознавства та зварювання  
ім. Є.О. Патона

В.о. директора \_\_\_\_\_ Юрій СИДОРЕНКО

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

М.П.

## **ПРОГРАМА**

### **комплексного фахового випробування**

для вступу на освітню програму підготовки магістра  
«Технологічні системи інженерії з'єднань і поверхонь»

### **за спеціальністю 131 Прикладна механіка**

Програму рекомендовано кафедрою

Смарт технологій з'єднань та інженерії  
поверхні

Протокол № \_\_\_\_\_ від « \_\_\_\_\_ » лютого 2021 р.

в.о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ Ігор СМІРНОВ

## **ВСТУП**

Програма комплексного фахового випробування складена на базі навчальних програм дисциплін: технологічне устаткування, зварювальні джерела живлення, автоматичне керування зварюванням, зварювання тиском, наплавлення, напилення, вакуумно-конденсаційні методи нанесення тонких плівок.

Тривалість випробування складає 2 академічні години без перерви та відбувається у вигляді письмової відповіді на п'ять теоретичних запитань.

## **РОЗДІЛ 1. Технологічне устаткування**

### **Обладнання для механізованого зварювання**

Загальні відомості про напівавтомати для дугового зварювання і наплавлення. Класифікація напівавтоматів, вимоги до них, структурна схеми агрегування.

Схеми подачі електродного дроту. Типи механізмів подачі дроту, їх порівняльні характеристики. Роликові пристрої, рекомендації, щодо застосування. Розрахунок потужності двигуна привода подачі дроту. Конструктивні схеми механізмів подачі дроту.

Гнучкі спрямовуючі канали напівавтоматів.

Зварювальні пальники. Вимоги до пальників, їх типи. Елементи пальників: сопла, струмовідводи.

Системи забезпечення захисним газом.

Системи керування зварювальними напівавтоматами.

Типові конструкції сучасних напівавтоматів для зварювання і наплавлення.

### **Обладнання для автоматизованого дугового зварювання та наплавлення**

Загальні відомості про автомати для дугового зварювання та наплавлення. Вимоги до автоматів, їх класифікація і структурна схема. Підвісні автомати і трактори. Технологічний модуль автоматів. Зварювальний інструмент: пальники та мундштуки.

Системи зварювально-транспортного руху та подачі дроту (стрічки) автоматів і тракторів. Правильні механізми, касетні пристрої.

Механізми налагоджувальних, коректувальних і допоміжних переміщень.

Системи захисту зони зварювання. Газова і флюсова апаратура.

Методи і пристрої збудження дуги.

Системи керування зварювальними автоматами. Уніфіковані схеми керування модулями підвісних апаратів.

Обладнання для дугового зварювання з примусовим формуванням шва.

### **Установки для плазмового, електрошлакового та променевого зварювання**

Структура установки для плазмового зварювання, різання та нанесення покриттів. Плазмотрони, їх конструкція.

Конструкція установки для електрошлакового зварювання. Ходові та механізми коливань і подачі електродів. Формуючі пристрої. Електроди і плавкі мундштуки.

Структурна схема установок для електронно-променевого зварювання. Електромеханічний та енергетичний комплекси установок, їх агрегати та вузли. Галузі застосування.

Установки для зварювання лазерним променем, їх структура. Конструкція квантових генераторів. Технологічні можливості установок.

### **Обладнання для вакуумно-конденсаційних методів нанесення покриття**

Системи та елементи вакуумних установок. Загальна структура вакуумних установок. Вакуумні системи установок. Вакуумні насоси. Елементи вакуумних систем. Методи течешування. Матеріали та робочі рідини.

Установки для вакуумно-конденсаційного методу нанесення покриття

### **Технологічне устаткування для нанесення газотермічного покриття**

Обладнання для газополуменевого, детонаційного, електродугового та плазмового нанесення покриття. Загальна структура установок. Основні компоненти і комплектація.

## **РОЗДІЛ 2. Зварювальні джерела живлення**

Фізична сутність і будова зварювальної дуги.

Класифікація джерел струму. Сучасний стан їх розвитку і виробництва.

Загальні рівняння роботи трансформаторів. Конструкція, принцип дії трансформаторів з нормальним та з розвиненим розсіянням. Трансформатори з електричним регулюванням струму та напруги. Конструкція та принцип дії трансформаторів для електрошлакового зварювання.

Зварювальні випрямлячі, їх класифікація, схеми випрямлення. Випрямлячі, що керуються трансформаторами, дроселем насичення. Тиристорні випрямлячі, керування тиристорами за допомогою фазообертаючих улаштувань. Багатопостові зварювальні випрямлячі.

Інверторні джерела живлення. Принцип дії інверторного джерела. Конструкція випрямляча з тиристорним та транзисторним інвертором.

Зварювальні генератори, перетворювачі та агрегати. Конструкція та принцип дії колекторних та вентильних генераторів.

Спеціалізовані джерела живлення. Обладнання для збудження та стабілізації зварювальної дуги. Джерела для імпульсно-дугового зварювання та аргоно-дугового зварювання. Джерела живлення для зварювання, різання та напилення стисненою дугою. Монтаж та експлуатація джерел, заходи безпеки при експлуатації джерел.

## **РОЗДІЛ 3. Автоматичне керування зварюванням**

Зміст понять: «автоматика», «автоматизація», «механізація». Мета і завдання автоматизації зварювальних процесів. Склад системи автоматичного регулювання (САР), задавальна дія, регульовальна дія, величина що регулюється, похибка, збурення. Принципи автоматичного керування.

Типова функціональна схема САР. Призначення і види підсилювачів САР. Призначення і види виконавчих пристроїв. Вимірювальні перетворювачі і датчики, їх призначення і склад, особливості використання при автоматизації

зварювальних процесів. Відображення технологічного процесу зварювання часовими діаграмами, алгоритмами керування.

Характеристика об'єкту керування при дуговому зварюванні. Параметри, що регулюються та керувальні дії. Типові збурення. Задачі керування.

Характеристика об'єкту керування при електрошлаковому зварюванні. Параметри, що регулюються та керувальні дії. Типові збурення. Задачі керування.

Характеристика об'єкту керування при електронно-променевому зварюванні. Параметри, що регулюються та керувальні дії. Типові збурення. Задачі керування.

Характеристика об'єкту керування при контактному точковому та шовному зварювання. Параметри, що регулюються та керувальні дії. Типові збурення. Задачі керування.

Характеристика об'єкту керування при стиковому контактному зварюванні. Параметри, що регулюються та керувальні дії. Типові збурення. Задачі керування.

#### **РОЗДІЛ 4. Зварювання тиском**

Сутність способів зварювання тиском. Параметри процесів зварювання тиском. Способи контактного зварювання.

Точкове, рельєфне та шовне зварювання. Процеси нагрівання металу в зоні зварювання. Електричні опори зони зварювання. Температурні та електричні поля. Тепловий баланс. Явище шунтування струму. Вплив параметрів режиму зварювання на розміри ядра. Основні дефекти з'єднання, їх утворення та заходи попередження. Основні конструктивні елементи і параметри з'єднань. Типові циклограми процесів точкового, рельєфного і шовного зварювання. Вплив властивостей матеріалів, що зварюються на вибір параметрів режиму зварювання.

Стикове зварювання. Стикове зварювання опором. Джерела теплоти при зварюванні. Типова циклограма процесу. Стикове зварювання оплавленням. Контактний опір при зварюванні. Циклограма процесу зварювання. Стійкість оплавлення.

Машини для контактного зварювання. Приводи стискання та затискання деталей. Пневматичні пристрої. Електроди точкових та шовних машин. Роликові головки.

Електрична частина машин. Регулятори часових інтервалів. Типи вмикаючих пристроїв. Джерела зварювального струму машин контактного зварювання. Зварювальний контур контактної машини.

Інші способи зварювання тиском.

Конденсаторне зварювання. Зварювання тертям. Пресове зварювання дугою, яка обертається в магнітному полі. Ультразвукове зварювання. Зварювання струмом високої частоти. Дифузійне зварювання. Зварювання вибухом. Холодне зварювання. Термокомпресійне зварювання.

## **РОЗДІЛ 5. Наплавлення**

Наплавлення. Поняття та визначення.

Способи чи методи наплавлення. Наплавлення електродним дротом в захисних газах і під флюсом. Наплавлення електродною стрічкою. Вібродугове наплавлення. Імпульсно-дугове наплавлення. Плазмове наплавлення. Електрошлакове наплавлення. Стикошлакове наплавлення. Індукційне наплавлення. Електроконтактне наплавлення. Наплавлення суцільним і порошковим матеріалом. Електронно-променеве наплавлення. Лазерне наплавлення. Плакування з використанням енергії вибуху. Плакування прокатуванням і екстрагуванням. Галузі застосування. Наплавлення тертям.

Матеріали для наплавлення. Електроди. Типи електродів. системи легування й умов роботи наплавленого металу. Найбільш поширені марки електродів. Порошкові дроти. Хімічний склад наплавленого металу та призначення найбільш поширених порошкових дротів. Стрічки холоднокатані, порошкові та спечені. Хімічний склад наплавленого металу та призначення найбільш поширених холоднокатаних, порошкових та спечених стрічок. Порошки зі сплавів для індукційного, плазмового та електроконтактного наплавлення.

Технологія наплавлення. Підготовка деталей до наплавлення. Особливості технології наплавлення різних матеріалів (вуглецевих і легованих сталей, чавунів, сплавів на основі карбідів хрому чи вольфраму тощо). Технологія наплавлення теплостійких шарів. Технологія наплавлення корозійностійких шарів. Технологія наплавлення корозійно і жаростійких шарів.

## **РОЗДІЛ 6. Напилення**

Напилення. Поняття та визначення.

Технологічні процеси підготовки поверхонь для нанесення покриття. Механічна обробка, знежирювання, активація і формування шорсткості поверхні, попереднє підігрівання поверхні, нанесення прошарку.

Технологічні процеси газотермічного нанесення покриття.

Матеріали для нанесення покриття: дроти, порошки, пруткові матеріали та гнучкі шнури.

Способи напилення. Газополуменеве нанесення покриття. Детонаційне нанесення покриття. Плазмове нанесення покриття. Електродугове нанесення покриття. Нанесення газотермічного покриття у динамічному вакуумі.

Обробка деталей після нанесення покриття.

## **РОЗДІЛ 7. Вакуумно-конденсаційні методи нанесення тонких плівок**

Фізичні процеси у вакуумі. Поняття вакууму. Тиск газу на поверхню твердого тіла. Основні газові закони. Розподіл молекул за швидкостями Середня довжина вільного пробігу. Поняття про степені вакууму. Сорбційні явища у вакуумі. Закономірності випаровування і конденсації металів у вакуумі. Дифузія в газах. Електричні явища у вакуумі. Тліючий іскровий та коронний розряди. Дуговий розряд, вакуумна дуга

Методи вакуумного конденсаційного нанесення покриттів (тонких плівок). Термічне (резистивне) випаровування. Електронно-променеве випаровування. Іонне розпилення. Магнетронне розпилення. Випаровування за допомогою

електричного розряду. Реакційне напилення. Формування покриттів. Механізми росту тонких плівок. Теплові процеси на підкладці.

Технологічні процеси отримання вакуумно-конденсаційних покриттів. Вплив залишкової атмосфери на чистоту вакуумного конденсату. Попередня позавакуумна підготовка деталей перед напиленням. Очищення підкладок за допомогою низькотемпературної плазми. Отримання покриттів зі спеціальними електрофізичними властивостями. Зносостійкі вакуумно-конденсаційні покриття.

### ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

Враховуючи теоретичний зміст запитань використання допоміжного матеріалу *не дозволяється*.

### КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ФАХОВОГО ВИПРОБУВАННЯ

Білет складається з п'яти питань. Максимальна кількість балів, які можна отримати за кожне питання – 20 балів. Максимальна кількість балів за відповіді на п'ять екзаменаційних питання:  $20 \times 5 = 100$  балів.

| $R_i$   | Критерії оцінювання теоретичного питання  |
|---------|---|
| 18...20 | Абітурієнт демонструє повні й міцні знання навчального матеріалу в заданому обсязі, необхідний рівень умінь і навичок, правильно й обґрунтовано приймає необхідні рішення в різних нестандартних ситуаціях. |
| 16...17 | Абітурієнт припускається окремих помилок, але знає визначення основних понять і величин дисципліни, в цілому розуміє фізичну суть процесів.   |
| 13...15 | Абітурієнт допускає несуттєві неточності, має труднощі у трансформації умінь у нових умовах.  |
| 10...12 | Абітурієнт засвоїв основний теоретичний матеріал, але допускає неточності, що не є перешкодою до подальшого навчання. Уміє використовувати знання для вирішення стандартних завдань.                        |
| 8...9   | Абітурієнт частково відповідає на питання екзаменаційного білету, демонструє базові знання основних положень дисциплін. Відповіді непослідовні. Наявні помилки.   |
| $R < 8$ | Відповідь відсутня або її зміст не відповідає питанню.  |



Отримана сума балів згідно розпорядження № 5/7 від 13 січня 2020 р. та «Правил прийому до КПІ імені Ігоря Сікорського в 2020 році» переводиться у шкалу оцінювання 100...200 балів (шкала ЄВІ). Таблицю переведення оцінок у шкалу ЄВІ наведено нижче.

Таблиця відповідності оцінок рейтингової системи оцінювання (PCO, 60...100) балам 200-бальної шкали (100... 200):

Таблиця

| Оцінка PCO | Бали 100...200 | Оцінка PCO | Бали 100...200 | Оцінка PCO | Бали 100...200 | Оцінка PCO | Бали 100...200 |
|------------|----------------|------------|----------------|------------|----------------|------------|----------------|
| 60         | 100,0          | 70         | 125,0          | 80         | 150,0          | 90         | 175,0          |
| 61         | 102,5          | 71         | 127,5          | 81         | 152,5          | 91         | 177,5          |
| 62         | 105,0          | 72         | 130,0          | 82         | 155,0          | 92         | 180,0          |
| 63         | 107,5          | 73         | 132,5          | 83         | 157,5          | 93         | 182,5          |
| 64         | 110,0          | 74         | 135,0          | 84         | 160,0          | 94         | 185,0          |
| 65         | 112,5          | 75         | 137,5          | 85         | 162,5          | 95         | 187,5          |
| 66         | 115,0          | 76         | 140,0          | 86         | 165,0          | 96         | 190,0          |
| 67         | 117,5          | 77         | 142,5          | 87         | 167,5          | 97         | 192,5          |
| 68         | 120,0          | 78         | 145,0          | 88         | 170,0          | 98         | 195,0          |
| 69         | 122,5          | 79         | 147,5          | 89         | 172,5          | 99         | 197,5          |
|            |                |            |                |            |                | 100        | 200,0          |

### ПРИКЛАД ТИПОВОГО ЗАВДАННЯ

Екзаменаційний білет складається з п'яти теоретичних запитань, наприклад:

1. Які ви знаєте універсальні зварювальні випрямлячі? Поясніть призначення та принцип дії одного з них.
2. Поясніть сутність понять “механізація”, “автоматизація”, “автоматичне керування” та “автоматизоване керування”.
3. Поясніть методи розрахунку електричних опорів зварювального контуру контактної машини.
4. Наведіть принципову схему, розкрийте сутність та вкажіть основні параметри процесу плазмового наплавлення і області його використання.
5. Назвіть методи газотермічного нанесення покриття.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

### Основна:

1. Голошубов В. І. Зварювальні джерела живлення: Навчальний посібник. – К.: Арістей, 2005-448с.
2. Голошубов В. І., Шевченко М. В. Джерела живлення для дугового зварювання: навч. посіб. – К.: НТУУ “КПІ”, 2012. – 372 с.
3. Автоматичне керування електрозварювальними процесами і установками: Навч. Посібник/ За ред. В.К.Лебедєва, В.П. Черниша. – К.: Вища шк., 1994. – 391с.
4. Пахаренко В.А. Зварювання тиском. – «Екотехнологія», 2011. – 272 с.
5. Оборудование для дуговой сварки : Справочное пособие/Под редакцией Смирнова В.В., Л.: Энергоатомиздат, 1986.-656с.
6. Браткова О.Н. „Источники питания сварочной дуги”:учебник.- М.:Высшая школа, 1982.-152с.
7. Закс М.И. Сварочные выпрямители.-Л..Энергоатомиздат,1983.- 94с.Александров А.Г., Заруба И.М., ПиньковскийИ.В. Источники питания для дуговой и электрошлаковойсварки. Справочное пособие. Промінь,1976.- 151с.
8. Закс М.И., Каганский Б.А., Печенин А.А.Трансформаторы для электродуговой сварки.-Л.:Энергоатомиздат, 1988.-136.
9. Нестеров, Б.З.Электросварочные генераторы повышеннойчастоты. Л.: Энергия, 1978.-118с.
10. Технология и оборудование сварки плавлением. Под ред.Г.Д.Нікіфорова - М. Машиностроение, 1978.-327с.
11. Орлов П.И. Основы конструирования. Справочно-методическое пособие в 2-х кн. М. Машиностроение. 1989 г.
12. Рыморов Е.В. Новые сварочные приспособления. Л. Стройиздат, 1988 г.
13. Кузнецов В.Д., Пащенко В.М., К.А. Ющенко, Ю.С. Борисов. Фізико-хімічні основи інженерії поверхні: Навч. посібник. – К.: ВІПОЛ, 2005. – 372 с.

14. Корж В. М., Кузнецов В. Д., Борисов Ю. С., Ющенко К. А. Нанесення покриття: Навч. посібник. – К.: Арістей, 2005. – 205 с.
15. Ющенко К. А., Борисов Ю. С., Кузнецов В. Д., Корж В. М. Інженерія поверхні: Підручник. – К.: Наукова думка, 2007. – 558 с.

**Додаткова:**

16. Романычева Э.Т., Иванова А.К. Разработка и оформление конструкторской документации радиоэлектронной аппаратуры. М. Радио и связь, 1989 г.
17. Александров М.П. Подъемно-транспортные машины. Изд-е 4-е. Учебник для вузов. – М; Высшая школа, 1972 – 504 с.
18. Гитлевич А.Д., Этингер Л.Н. Механизация и автоматизация сварочного производства. – М; Машиностроение, 1972 – 280 с.
19. Технология и оборудование контактной сварки: Учебник для машиностроительных вузов. / Б.Д. Орлов и др. – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1986 г. – 352 с.
20. Чвертко А.И., Патон В.Е., Тимченко В.А. Оборудование для механизированной дуговой сварки и наплавки. – М.: Машиностроение, 1981. – 263 с.
21. Бельфор М.Г., Патон В.Е. Оборудование дуговой и шлаковой сварки и наплавки. - М.: Высшая школа, 1974. – 256 с.
22. 1. Кузнецов В. Д., Гедрович А. І., Житков А. Б., Воронков К. В. Технологія та устаткування наплавлених деталей: Навч. посібник. – Луганськ: Вид-во Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля. – 254 с.
23. Пащенко В. М., Кузнецов В. Д. Технологія газотермічного та вакуумно-конденсаційного нанесення покриттів: Навч. посібник. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 268 с.
24. Харламов Ю. О., Будагьянц Н. А. Основы технологии восстановления и упрочнения деталей машин: Учебное пособие в 2 т. Том 1. – Луганск: изд-во Восточно-укр. национ. ун-та им. В. Даля, 2003. – 495 с.

25. Харламов Ю. О., Будагьянц Н. А. Основы технологии восстановления и упрочнения деталей машин: Учебное пособие в 2 т. Том 2. – Луганск: изд-во Восточно-укр. национ. ун-та им. В. Даля, 2003. – 480 с.

### **РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ**

В.о. завідувача кафедри СТЗП,  
д.т.н., проф.

**Ігор СМІРНОВ**

к.т.н., доцент кафедри СТЗП

**Ігор СКАЧКОВ**

д.т.н., проф. кафедри СТЗП

**Сергій ФОМІЧОВ**

д.т.н., доц. кафедри СТЗП

**Валерій ПАЩЕНКО**

к.т.н., доцент кафедри СТЗП

**Євгенія ЧВЕРТКО**

к.т.н., доцент кафедри СТЗП

**Микола ШЕВЧЕНКО**

к.т.н., доцент кафедри СТЗП

**Денис СТЕПАНОВ**