



АВТОМАТИЧНЕ КЕРУВАННЯ ЗВАРЮВАННЯМ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>131 Прикладна механіка</i>
Освітня програма	<i>Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 годин / 4 кредитів ECTS; лекції – 36 год., практичні – 36 год., СРС – 48 год.</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>МКР, РГР, залік</i>
Розклад занять	<i>Час і місце проведення занять див. на сайті http://rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доцент Скачков Ігор Олегович, i.skachkov@kpi.ua Практичні заняття: Лабораторні заняття: доцент Скачков Ігор Олегович d.m.vdovychenko@gmail.com
Розміщення курсу	<i>Лекції з дисципліни і методичні вказівки до практичних занять висилаються кожному студенту по електронній пошті. Контрольні примірники передаються методисту кафедри для збереження в електронній бібліотеці кафедри а також курс розміщено https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=52</i>

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Дисципліна "АВТОМАТИЧНЕ КЕРУВАННЯ ЗВАРЮВАННЯМ" розроблена відповідно до освітньої програми підготовки бакалавра "Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій". Вивчення дисципліни забезпечує конкурентні переваги фахівця при роботі на підприємствах України.

Мета дисципліни - формування у студентів здатностей використовувати знання та навички в галузі засобів автоматичного керування, а також технології зварювання та

споріднених процесів для призначення типового устаткування для реалізації технології зварювання, наплавлення та створення покриттів.

Предмет дисципліни - системи автоматичного керування технологічним процесом зварювання плавленням, тиском та створення покриттів.

Вивчення освітнього компоненту передбачає підсилення та розвиток у студентів компетентностей, передбачених освітньою програмою «Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

Компетентності:

- ЗК1 Здатність виявляти, ставити та вирішувати інженерно-технічні та науково-прикладні проблеми.
- ФК 2 Здатність описати, класифікувати та змодельовати широке коло технічних об'єктів та процесів, що ґрунтується на глибокому знанні та розумінні теорій та практик механічної інженерії, а також знаннях суміжних наук
- ФК 11 Здатність до обґрунтування та доведення власних науково-технічних рішень і конструктивно-технологічних розв'язків виробничих завдань та проблем
- ФК 14 Здатність проєктувати сучасне технологічне обладнання і оснащення для зварювання, лазерних та споріднених технологій.
- ФК 20 Здатність створювати інноваційні рішення технічних проблем в галузі зварювання, лазерних та споріднених технологій.

Знання:

- принципів автоматичного керування;
- типових технічних засобів автоматизації;

Уміння:

- використовуючи дані про умови роботи зварювальної установки, за допомогою відомостей щодо особливостей їх складу, визначити раціональні принципи та способи автоматичного керування технологічним процесом зварювання
- використовуючи результати конструкторських розробок, за допомогою набутих знань щодо технологічних особливостей конструкцій установок та способів зварювання, визначити технічні засоби систем автоматичного керування технологічною установкою та процесом зварювання;

Навички:

- аналізу технологічного процесу зварювання та створення покриттів для його автоматизації;

Досвід:

- розробки функціональних схем і циклограм систем автоматичного керування зварювальними процесами;
- вибору і налагодження типових систем автоматичного керування.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Для успішного засвоєння курсу «Автоматичне керування зварюванням» студент повинен мати базові знання з дисциплін:

- Теорія процесів зварювання
- Загальна фізика
- Електротехніка і електроніка

Знання, отримані при вивченні даної дисципліни використовуються студентами під час підготовки кваліфікаційних робіт бакалаврів.

3. Зміст навчальної дисципліни

- 1) Автоматизація технологічного процесу зварювання та нанесення покриттів
- 2) Автоматизація зварювання плавленням
- 3) Автоматизація зварювання тиском
- 4) Роботизація

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

- 1) Курс дистанційного навчання з дисципліни "Автоматичне керування зварюванням" <https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=52>
- 2) Автоматизація виробничих процесів : підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед ; Міністерство освіти і науки України, Національний університет харчових технологій. - Київ : Видавництво Ліра-К, 2021. - 377 сторінок : рисунки, таблиці.

Слід читати повністю.

Додаткова література:

- 1) Технічні засоби автоматизації : навчально-методичний посібник з курсового проектування для студентів спеціальності 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" / А.К. Бабіченко, М.О. Подустов, І.Л. Красніков, О.Г. Шутинський [та 5 інших] ; за редакцією А.К. Бабіченка ; Міністерство освіти і науки України, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут". - Харків : Друкарня Мадрид, 2021. - 216 сторінок : рисунки, таблиці.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

1-й тиждень

Лекція 1 Автоматизація зварювальних процесів як частина комплексної автоматизації виробництва

Зміст понять: «автоматика», «автоматизація», «механізація». Основні етапи розвитку механізації і автоматизації, об'єктивні передумови автоматизації зварювальних процесів. Мета і завдання автоматизації зварювальних процесів. Рівень автоматизації і продуктивність виробництва.

Практичне заняття 1 Мета і завдання автоматизації зварювальних процесів. Рівень автоматизації і продуктивність виробництва.

2-й тиждень

Лекція 2 Автоматизація виробництва

Структура виробництва зварних конструкцій. Поняття АСУП. Поняття АСУТП. Типова функціональна схема системи автоматичного керування процесом зварювання

Практичне заняття 2 Типова функціональна схема системи автоматичного керування процесом зварювання

3-й тиждень

Лекція 3 Технологічні процеси зварювання як об'єкти автоматичного керування

Склад об'єкта керування при виготовленні зварної конструкції та при створенні покриттів, його узагальнена схема. Енергетичні, кінематичні і технологічні показники процесу зварювання, типові збурення. Порядок аналізу технологічного процесу зварювання з метою його автоматизації

Практичне заняття 3 Аналіз технологічного процесу зварювання з метою його автоматизації

4-й тиждень

Лекція 4 Автоматичне керування дуговим зварюванням

Характеристика об'єкту керування при дуговому зварюванні. Параметри, що регулюються та керувальні дії. Типові збурення. Задачі керування. Програмне керування зварювальними циклами. Програмне керування енергетичними параметрами зварювання.

Практичне заняття 4 Програмне керування процесом зварювання кільцевих поворотних та не поворотних швів

5-й тиждень

Лекція 5 Системи стабілізації енергетичних параметрів дуги

Саморегулювання дуги з плавким електродом. САР із зворотним зв'язком за напругою дуги для плавкого і неплавкого електроду. САР з дією на виліт електрода. Порядок настройки струму і напруги при використанні зварювальних апаратів систем АРДС, АРНД, АРВ.

Практичне заняття 5 Налаштування струму і напруги при використанні зварювальних апаратів систем АРДС, АРНД, АРВ

6-й тиждень

Лекція 6 Системи керування кінематичними і геометричними параметрами дугового зварювання

Необхідність застосування систем керування положенням зварювального пальника. Застосування регуляторів прямої дії. Застосування регуляторів не прямої дії. Особливості застосування електромеханічних датчиків стику. Особливості застосування індукційних та індуктивних датчиків стику. Особливості застосування оптичних датчиків стику. Особливості застосування дугових датчиків стику.

Практичне заняття 6 Особливості застосування індукційних та індуктивних датчики стику.

7-й тиждень

Лекція 7 Системи керування технологічними параметрами дугового зварювання
Системи керування перенесенням електродного металу. Системи керування глибиною провару та шириною шва. Системи керування кристалізацією шва.

Практичне заняття 7 Системи магнітного керування кристалізацією шва.

8-й тиждень

Лекція 8 Автоматизація електрошлакового зварювання
Електрошлаковий процес як об'єкт керування. Керування розподілом енергії в зоні зварювання при ЕШЗ. Дозування компоненту шлаку при ЕШЗ протяжних швів. Системи регулювання струму і напруги ЕШЗ. Регулювання рівня металевої та шлакової ванни. Особливості керування процесом ЕШЗ плавким мундштуком.

Практичне заняття 8 Системи керування процесом електрошлакового зварювання

9-й тиждень

Лекція 9 Автоматизація електронно-променевого зварювання

Характеристика об'єкту керування при ЕПЗ. Параметри, що регулюються та керувальні дії. Типові збурення. Задачі керування. Програмне керування зварювальними циклами. Програмне керування енергетичними параметрами зварювання

Практичне заняття 9 Програмне керування зварювальними циклами. Програмне керування енергетичними параметрами зварювання

10-й тиждень

Лекція 10 Автоматизація електронно-променевого зварювання

Регулятори прискорювальної напруги ЕПЗ. Регулятори струму електронного променя. Регулятори струму бомбардування. Регулятори струму фокусної котушки. Регулятори струму котушки відхилення. Регулятори глибини провару. Системи автоматичного стеження за стиком.

Практичне заняття 5 Регулятори прискорювальної напруги ЕПЗ.

11-й тиждень

Лекція 11 Автоматизація процесів контактного зварювання

Контактне точкове зварювання як об'єкт автоматизації. Структура машин контактного точкового зварювання змінним струмом. Структура конденсаторних

машин контактного точкового зварювання. Структура машин контактного точкового зварювання постійним струмом. Регулятор циклу зварювання машин змінного струму.

Практичне заняття 11 Регулятори циклу контактного точкового зварювання зі стабілізацією струму

12-й тиждень

Лекція 12 Автоматизація процесів контактного зварювання

Регулятор циклу конденсаторного зварювання. Тиристорний контактор машин контактного зварювання. Методи стабілізації якості зварної точки: стабілізація струму зварювання, напруги зварювання, регулювання температури приелектродної області, регулювання переміщення електродів. Моніторинг стану електродів.

Практичне заняття 12 Регулятори циклу контактного точкового конденсаторного зварювання

13-й тиждень

Лекція 13 Автоматизація процесів контактного стикового зварювання

Контактне стикове зварювання опором як об'єкт автоматизації. Типові методи автоматизації стикового зварювання опором. Контактне стикове зварювання оплавленням як об'єкт автоматизації. Стійкість процесу оплавлення. Способи попереднього підігріву при стиковому зварюванні оплавленням. Програмне керування процесом оплавлення. Термообробка зварних з'єднань.

Практичне заняття 12 Контактне стикове зварювання опором як об'єкт автоматизації

14-й тиждень

Лекція 14 Адитивне виробництво

Сутність адитивного виробництва. Селективне лазерне сплавлення металевих та неметалевих порошків. Пошарова побудова виробу з розплавленої пластикової нитки. Лазерна стереолітографія. Багатострумінне виготовлення виробу з фотополімерного матеріалу.

Практичне заняття 14 Застосування дугових процесів для адитивного виробництва

15-й тиждень

Лекція 15 Системи числового програмного керування

Застосування систем з числовим програмним керуванням в зварюванні і споріднених процесах. Структура устаткування з числовим програмним керуванням. Програмне забезпечення систем з числовим програмним керуванням.

Практичне заняття 15 Програмне забезпечення систем з числовим програмним

керуванням.

16-й тиждень

Лекція 16 Роботизація. Типові різновиди робіт.

Типові різновиди робіт, області застосування. Технічні переваги та особливості роботизації виробництва. Схеми роботизованих зварювальних дільниць. Системи програмування робіт. Склад робототехнічних комплексів для дугового і контактного зварювання.

Практичне заняття 16 Системи програмування робіт.

17-й тиждень

Лекція 17 Вимірювання, регулювання та реєстрація результатів при зварюванні

Поняття вимірювання. Параметри сигналів. Датчики і вимірювальні пристрої технологічних систем. Методи вимірювань електричних параметрів, витрат захисного газу, температури, швидкості при зварюванні та нанесенні покриттів. Паспортизація технологічного процесу.

Практичне заняття 17 Паспортизація технологічного процесу

18-й тиждень

Лекція 18 Перспективи автоматизації зварювальних процесів та створення покриттів

Штучний інтелект. Експертні системи. Моніторинг якості при зварюванні із застосуванням штучного інтелекту.

Практичне заняття 18 Моніторинг якості при зварюванні

6. Самостійна робота студента

Види самостійної роботи (48 год.):

6.1 Обробка і оформлення даних, отриманих при виконанні практичних занять – 0.5 години на кожне практичне заняття (всього – 9 год.).

6.2 Розрахунково-графічна робота – 11 год.

6.3 Підготовка до МКР – 4 год.

6.4 Підготовка до лекцій – 1 години на кожну лекцію (всього – 18 год.) – закріплення лекційного матеріалу та тестування.

6.5 Підготовка до заліку – 6 год.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Політика навчальної дисципліни “Автоматичне керування зварюванням” є складовою частиною загальної політики в галузі якості КПІ імені Ігоря Сікорського і полягає у виконанні викладачем і студентами наступних принципів.

- ✓ Відвідування лекцій, практичних занять і лабораторних робіт є бажаним. У пропуску занять лабораторних робіт студент узгоджує з викладачем з вирішенням питання щодо форм відпрацювання.
- ✓ На лекціях і практичних заняттях обов'язковим є відключення телефонів. На екзаменах забороняється використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача чи в інтернеті.
- ✓ На лекціях і практичних заняттях студенти проявляють активність. На лекціях питання, що виникають, задаються у відведений викладачем час. На практичних заняттях питання вирішуються по мірі виникнення в діалоговій формі. За активність студентів на заняттях викладач призначає заохочувальні бали.
- ✓ Практичні заняття виконуються індивідуально. Закінчені результати виконання кожного практичного заняття демонструються викладачеві на наступному занятті. Захист виконання повного комплексу практичних занять здійснюється студентом на останньому занятті і є обов'язковою умовою заліку.
- ✓ Академічна доброчесність є базовим принципом освітнього процесу і підлягає беззаперечному виконанню викладачем і студентами.
- ✓ Викладач є лідером і гарантом підготовки методичних матеріалів, навчання, контролю і поліпшення дисципліни на сучасному рівні з урахуванням вимог міжнародних стандартів з використанням кращої практики підприємств та університетів світу.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль проводиться за рішенням викладача в двох формах: експрес-опитування по темі попередньої лекції на початку лекції, опитування за темою заняття на початку практичного заняття.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: захист виконання повного комплексу практичних занять і підсумкове тестування.

Розрахунок рейтингових балів

- Активність на лекціях оцінюється ваговим балом – 1. Максимальна кількість балів на всіх лекціях складає: $1 \text{ бал} \times 18 = 18 \text{ балів}$.
- Активність на практичних заняттях оцінюється ваговим балом – до 2. Максимальна кількість балів за всі практичні заняття складає: $1 \text{ бали} \times 18 = 18 \text{ балів}$.
- Розрахунково-графічна робота оцінюється максимально у 14 балів
- Модульна контрольна робота: 50 балів
- Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає: $RC = 18 + 18 + 14 + 50 = 100 \text{ балів}$.
- Рейтингова шкала з дисципліни складає: $R = RC = 100 \text{ балів}$.

Умови позитивного результату з календарного контролю.

На першій календарний контроль студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 50% від максимально можливого балу на момент календарного контролю.

На другій календарний контроль студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 50% від максимально можливого балу на момент календарного контролю.

Залікова семестрова контрольна робота пропонується у разі набору студентом недостатньої для семестрової атестації кількості балів (від 40 до 59 балів) або при незгоді студентом з кількістю балів набраних протягом семестру.
Величина шкали залікової контрольної роботи R2 = 100 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль:

- 1) Поняття "механізація", "автоматизація", "автоматичне керування", "автоматизоване керування".
- 2) Мета та задачі автоматизації зварювального виробництва.
- 3) Основні особливості процесів зварювання, що обумовлюють актуальність задач їх автоматизації.
- 4) Показники рівня автоматизації і механізації виробництва.
- 5) Складні системи керування – визначення, призначення, приклади.
- 6) Структура САК на основі мікроЕОМ.
- 7) Межі застосування замкнених та розімкнутих САР зварювальними процесами.
- 8) Функціональна узагальнена схема системи автоматичного регулювання.
- 9) Датчики САР, їх призначення, склад, особливості використання при автоматизації зварювальних процесів.
- 10) Виконавчі пристрої САР зварювальними процесами.
- 11) Склад об'єкту керування зварювальними процесами, його узагальнена функціональна схема.
- 12) Послідовність аналізу процесів зварювання як об'єкту керування.
- 13) Енергетичні, кінематичні та технологічні параметри процесу зварювання.
- 14) Енергетичні, кінематичні та технологічні збурення при зварюванні.
- 15) Характеристика об'єкту керування при дуговому зварюванні – параметри режиму, типові збурення.
- 16) Типові функціональні схеми і циклограми роботи систем програмного керування при дуговому зварюванні в середовищі CO₂.
- 17) Типові функціональні схеми і циклограми роботи систем програмного керування при дуговому зварюванні неплавким електродом з присадковим дротом.
- 18) Типові функціональні схеми і циклограми роботи систем програмного керування при дуговому зварюванні труб малого діаметру неплавким електродом.
- 19) Система АРДС при дуговому зварюванні під флюсом – функціональна схема, завдання параметрів режиму, особливості функціонування.
- 20) Система АРНД при дуговому зварюванні неплавким електродом – функціональна

схема, завдання параметрів режиму, особливості функціонування.

- 21) Система АРНД при дуговому зварюванні під флюсом – функціональна схема, завдання параметрів режиму, особливості функціонування.
- 22) Система АРВ – область застосування, функціональні схеми, завдання параметрів режиму, особливості функціонування.
- 23) Суворо орієнтовані, не суворо орієнтовані і довільні зварні шви.
- 24) Позиційні і контурні, кінематичні і числові, одно- та багатокоординатні системи програмного керування положенням зварювального пальника.
- 25) Механічні датчики стику при дуговому зварюванні.
- 26) Електромагнітні датчики стику при дуговому зварюванні.
- 27) Використання дуги для стеження за стиком при дуговому зварюванні.
- 28) Системи керування глибиною провару при дуговому зварюванні.
- 29) Системи керування переносом електродного металу при дуговому зварюванні.
- 30) Системи керування кристалізацією шва при дуговому зварюванні.
- 31) Характеристика об'єкту керування при електрошлаковому зварюванні – параметри режиму, типові збурення.
- 32) Задачі, що вирішуються САК ЕШЗ.
- 33) Стабілізація зварювального струму з використанням саморегулювання плавлення електроду.
- 34) САР струму при ЕШЗ з впливом на джерело живлення
- 35) Системи регулювання рівня металевих та шлакових ванн.
- 36) Системи регулювання процесу ЕШЗ в функції зварювального зазору.
- 37) Дозування компонента шлаку при електрошлаковому зварюванні протяжних швів
- 38) Системи керування процесом ЕШЗ за природними коливаннями зварювального струму.
- 39) Характеристика об'єкту керування при електронно-променевому зварюванні – параметри режиму, типові збурення.
- 40) Вимоги до локальних регуляторів ЕПЗ.
- 41) Програмне керування параметрами режиму ЕПЗ.
- 42) Системи стабілізації прискорювальної напруги при ЕПЗ.
- 43) Системи стабілізації струму променя при ЕПЗ.
- 44) Системи стабілізації струму фокусної котушки при ЕПЗ.
- 45) Системи стабілізації струму бомбардування при ЕПЗ.
- 46) Автоматичне глибиною провару при ЕПЗ.
- 47) Системи автоматичного стеження за стиком при ЕПЗ.
- 48) Характеристика об'єкту керування при точковому зварюванні тиском – параметри режиму, типові збурення.
- 49) Склад та основні пристрої систем автоматичного керування процесом точкового зварювання тиском.
- 50) Типовий регулятор циклу контактного точкового зварювання змінним струмом – функціональна схема, циклограма роботи.
- 51) Підключення регулятора циклу контактного точкового зварювання змінним струмом до мережі живлення і зварювальної машини
- 52) Тиристорний контактор для контактного точкового зварювання змінним струмом – призначення, функціональна схема, принцип роботи.

- 53) *Типові схеми стабілізації струму при точковому зварюванні.*
- 54) *Характеристика об'єкту керування при стиковому зварюванні тиском – параметри режиму, типові збурення.*
- 55) *Умови стійкості при стиковому зварюванні оплавленням.*
- 56) *Автоматичне керування попереднім підігріванням за напругою (струмом) короткого замикання*
- 57) *Автоматичне керування попереднім підігріванням шляхом програмування часу підігрівання*
- 58) *Автоматичне керування попереднім підігріванням за енергією підігрівання*
- 59) *Автоматичне керування процесом оплавлення при контактному стиковому зварюванні.*
- 60) *Програмне керування процесом оплавлення при контактному стиковому зварюванні.*
- 61) *Параметри сигналів: миттєве значення, середнє значення, середнє випрямлене значення, діюче значення.*
- 62) *Особливості роботизації дугового зварювання.*
- 63) *Особливості роботизації контактного точкового зварювання.*
- 64) *Особливості застосування систем з числовим програмним керуванням в зварюванні.*
- 65) *Принципи адитивного виробництва.*
- 66) *Датчики і вимірювальні пристрої.*
- 67) *Методи вимірювань електричних параметрів.*
- 68) *Методи вимірювань витрат захисного газу*
- 69) *Методи вимірювань температури.*
- 70) *Методи вимірювань кінематичних параметрів.*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом, к.т.н., доц. Скачковим Ігорем Олеговичем

Ухвалено кафедрою зварювального виробництва (протокол №6 від 18.11.23)

Погоджено Методичною комісією інституту НН ІМЗ ім. Є.О. Патона (протокол №05/23 від 11.12.23)