



Конструювання вузлів зварювальних установок

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	131 Прикладна механіка
Освітня програма	Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій
Статус дисципліни	За вибором ВНЗ
Форма навчання	Заочна / змішана/дистанційна
Рік підготовки, семестр	4 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	120 годин / 4 кредити ECTS: 10 год. – лекції; 2 год. – практичні заняття; 108 год. - СРС.
Семестровий контроль/ контрольні заходи	залік/МКР/РГР
Розклад занять	згідно www.rozklad.kpi.ua .
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доцент Мінаков Сергій Миколайович, minakovsergey61@gmail.com Практичні: к.т.н., старший викладач Мінаков Антон Сергійович, macabez15@gmail.com
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2756

Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна «Конструювання вузлів зварювальних установок» входить до циклу вибіркової підготовки бакалавра напряму 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій».

Мета дисципліни - дати в систематизованому вигляді знання про конструктивні особливості верстатів із ЧПК, навчити розрахункам їх складових, проектуванню верстатів із ЧПК, етапам розробки технологічних процесів виготовлення деталей на верстатах з числовим програмним управлінням (ЧПК), особливостям обробки на верстатах з ЧПК, основами автоматизованої підготовки управляючих програм для верстатів з ЧПК, навичкам програмування і роботи з сучасними системами автоматизованого програмування.

Предмет дисципліни –верстати із ЧПК, їх проектування, системи управління.

Вивчення освітнього компоненту передбачає підсилення та розвиток у студентів

компетентностей, передбачених освітньою програмою «Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

Загальні компетентності:

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК 1);
- Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями (ЗК 7);
- Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій (ЗК 9)

Фахові компетентності:

- Здатність використовувати знання в галузі металообробки для призначення технології підготовки конструктивних елементів до зварювання та споріднених технологій (ФК1)
- Здатність використовувати знання з прикладної технічної механіки для виконання проектно-конструкторських робіт в галузі зварювання та споріднених технологій за типовими методиками (ФК3)
- Здатність використовувати знання в галузі механіки, електротехніки та автоматичного керування, а також технології зварювання та споріднених процесів для призначення типового устаткування для реалізації технології зварювання та методів інженерії поверхні (ФК6)
- Здатність використовувати знання конструкції та принципу дії сучасного зварювального та допоміжного обладнання для створення нових зразків машин і установок для зварювання і споріднених процесів (ФК10)

Програмні результати навчання:

Виконувати розрахунки на міцність, витривалість, стійкість, довговічність, жорсткість деталей машин (РН3);

Виконувати геометричне моделювання деталей, механізмів і конструкцій у вигляді просторових моделей і проекційних зображень та оформлювати результат у виді технічних і робочих креслень (РН5);

Створювати і теоретично обґрунтовувати конструкції машин, механізмів та їх елементів на основі методів прикладної механіки, загальних принципів конструювання, теорії взаємозамінності, стандартних методик розрахунку деталей машин (РН6);

Знати конструкції, методики вибору і розрахунку, основи обслуговування і експлуатації приводів верстатного і робототехнічного обладнання (РН10);

Розуміти принципи роботи систем автоматизованого керування технологічним обладнанням, зокрема мікропроцесорних, вибирати та використовувати оптимальні засоби автоматики (РН11);

Навички практичного використання комп'ютеризованих систем проєктування (CAD), підготовки виробництва (CAM) та інженерних досліджень (CAE) (РН12);

Здійснювати оптимальний вибір обладнання та комплектацію технічних комплексів (РН14).

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

Для успішного засвоєння «Конструювання вузлів зварювальних установок» студент повинен мати базові знання з дисциплін:

- Інформатика
- Технологія конструкційних матеріалів

- *Матеріалознавство*
- *Інженерна та комп'ютерна графіка*
- *Теорія процесів зварювання*
- *Деталі машин і основи конструювання*
- *Технології та устаткування зварювання плавленням, лазерних та споріднених процесів*
- *Метрологія, стандартизація і сертифікація*

Результати навчання з дисципліни «Конструювання вузлів зварювальних установок» є корисним для дипломного проектування за освітньою програмою «Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій».

3. Зміст навчальної дисципліни

- 1) *Верстати із ЧПК. Загальні відомості*
- 2) *Класифікація верстатів із ЧПК*
- 3) *Загальні відомості про металорізальні верстати*
- 4) *Конструктивні елементи верстатів з ЧПК*
- 5) *Приводи подачі верстатів*
- 6) *Напрямні верстату*
- 7) *Система зміни інструменту у верстатах ЧПК. Застосування змащувально-охолоджувальної рідини (ЗОР)*
- 8) *Системи змащення верстатів ЧПК*
- 9) *Геометричні і робочі параметри верстатів з ЧПК*
- 10) *Установка та випробування верстата із ЧПК*
- 11) *Похибки верстатів із ЧПК*
- 12) *Прийоми та допоміжні пристрої верстатів з ЧПК*
- 13) *Пристрої автоматичної зміни інструменту верстатів з ЧПК*
- 14) *Проектування верстатів з ЧПК*
- 15) *Розробка верстатів з ЧПК*
- 16) *Приводи верстатів із ЧПК*
- 17) *Системи програмного управління верстатів із ЧПК*
- 18) *Розвиток верстатів із ЧПК*

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

- 1) *Ковальов В.А., Гаврушкевич А.Ю., Гаврушкевич Н.В. Конструктивні особливості та основи програмування верстатів з числовим програмним керуванням: Навч. посіб. / Ковальов В.А., Гаврушкевич А.Ю., Гаврушкевич Н.В. –[Електронний ресурс] / - К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 158с.*
- 2) *Онофрейчук Н.В. Основи обробки на верстатах з числовим програмним керуванням [підручник] / Н.В. Онофрейчук. – Львів. Світ, 2019. – 352 с.*

Додаткова література:

- 1) *Подригало М.А., Дудукалов Ю.В. Проектування технологій машинобудівного та ремонтного виробництва: [підручник] / Подригало М.А., Дудукалов Ю.В., Полянський О.С., Дубінін Є.О. та ін. – Х.: ХНАДУ, 2019. – 318 с.*

- 2) *Програмування токарної обробки на верстатах з ЧПК. Навчальний посібник.* – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 91 с.
- 3) *Мелехов Р.К., Грицай І.Є. Сучасні металорізальні верстати з ЧПК та інструментальні системи.* – Львів : Растр-7, 2008. – 240 с.
- 4) *Міранцов С.Л. Системи автоматизованого програмування верстатів з ЧПК: навчальний посібник / С.Л. Міранцов, В.І. Тулупов, С.Г. Онищук, Ю.Б. Борисенко, Є.В. Мішура, О.С. Ковальська – Краматорськ: ДДМА, 2011. – 152с.*
- 5) *Офіційний сайт фірми ХААС [Електронний ресурс].* – 2022. Режим доступу: www.HaasCNC.com
- 6) www.cnc-keller.com
- 7) www.fanuc.eu
- 8) www.haascnc.com

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекція 1 Верстати із ЧПК. Загальні відомості.

Загальні відомості. Актуальність використання верстатів з ЧПК. Переваги та недоліки використання верстатів з ЧПК.

Лекція 2 Класифікація верстатів із ЧПК.

Що таке верстат з ЧПУ і як він працює. Класифікація верстатів з ЧПК по типу руху. ЧПК-верстати з точковим типом руху. Верстати з контурним типом руху. Класифікація верстатів по системі управління. ЧПК-верстати з розімкненим системою управління. ЧПК-верстати з замкненою системою управління. Класифікація верстатів за кількістю осей

ЧПК-верстати з 2 і 3 осями. ЧПК-верстати з 4 і 5 осями. Класифікація верстатів з ЧПК за типом приводу. Гідравлічні верстати з ЧПК. Електричні верстати з ЧПК. Пневматичні верстати з ЧПК. Використання верстатів з ЧПК.

Лекція 3 Кінематика верстата з ЧПК

Кінематична схема токарного та фрезерного верстатів. Передаточні відношення передач верстату. Рухи в верстатах при обробці деталі. Види головного руху верстата.

Лекція 4 Приводи подачі верстатів

Приводи подачі верстатів та їх призначення. Слідкуючий привід верстата. Будова слідкуючого привіду верстата по металу. Кулькові гвинтові пари. Вплив орори ходового гвинта на привід подачі верстата. Привід поворотного столу верстата з ЧПК.

Лекція 5 Системи програмного управління верстатів із ЧПК

Система управління історія та етапи розвитку. Копіювальна система. Кулачкові системи. Слідкуючі системи. Циклове програмне управління. Ациклове програмне управління. Адаптивні системи управління. Системи управління, що самі організуються. Системи управління, що самі навчаються. Програма Mach3. Застосування операційної системи LinuxCNC.

Практичне заняття 1: Основи програмування на верстатах з числовим програмним керуванням. Проведення МКР.

6 . Самостійна робота студента

Види самостійної роботи (108 год.):

6.1 Виконання і оформлення розрахунково-графічної роботи відповідно до індивідуального завдання (всього – 12 год.).

6.2 Підготовка до заліку – 6 год.

6.3. Підготовка до практичних занять- 1 год.

6.4 Підготовка до лекцій – 1 годину на кожну лекцію (всього – 4 год.) – вивчення додаткових матеріалів (всього 83 год.) за наступною програмою:

- 1) **Конструктивні елементи верстатів з ЧПК:** Компонівка верстата із ЧПК, особливості конструкції. Компонівка верстата ЧПК та точність обробки. Виробництво верстатів із сталі. Сінтегран у виробництві верстатів ЧПК. Модульні верстати з ЧПК. Модульні верстати по металлу, принцип побудови.
- 2) **Напрявні верстату:** Форми і типи напрямних для верстатів ЧПК. Напрявні ковзання для верстатів. Гідродинамічні і гідростатичні види напрямних. Аэростатичні напрямні. Напрявні кочення. Комбіновані направляючі кочення – ковзання. Захист напрямних верстата ЧПК.
- 3) **Система зміни інструменту у верстатах ЧПК. ЗОР:** Автоматична зміна інструменту. ЧПК верстат з роботом. Система видалення стружки. ЗОР для верстатів з ЧПК. Очищення ЗОР на верстаті з ЧПК.
- 4) **Геометричні і робочі параметри верстатів з ЧПК:** Технологічні можливості верстатів з ЧПК. Нульові, вихідні і фіксованою точкою станка з ЧПК. Фіксована точка верстата з ЧПК. Нульова точка верстата з ЧПК. Вихідна точка станка з ЧПК.
- 5) **Установка та виробування верстата із ЧПК:** Випробування верстата на точність. Технічне обслуговування верстатів з ЧПК. ремонт верстатів з ЧПК. Плановий ремонт. Поточний ремонт. Капітальний ремонт. Структура ремонтного циклу верстата.
- 6) **Похибки верстата із ЧПК:** Похибки верстата із ЧПК . Корекція похибок верстатів з ЧПК. Напрямки зменшення похибки верстатів. Діагностика верстатів з ЧПК.
- 7) **Пристосування та допоміжні пристрої верстатів з ЧПК:** Пристосування для кріплення заготовок. Допоміжні пристрої верстатів з ЧПК. Механізми подачі заготовок в ЧПК верстат. Подачі прутків. Автоматична зміна заготовки на верстаті з ЧПК.
- 8) **Пристрої автоматичної зміни інструменту верстатів з ЧПК:** Пристрої автоматичної зміни інструменту верстатів з ЧПК . Затиски напрямних верстатів з ЧПК. Пристосіблення для верстатів з ЧПК. Автоматичний зажим заготовок. Затискні механізми. Патрон верстата із ЧПК. Цанговий патрон. Трьохкулачковий патрон. Повідковий патрон.
- 9) **Проектування верстатів з ЧПК:** Технічне завдання, яке видається замовником. Технічна пропозиція, яку висувають в ініціативному порядку проектною організацією або групою конструкторів. НДР або створений на її основі експериментальний зразок. Винахідницька пропозиція або створений на її основі

експериментальний зразок. Зразок закордонного верстата ЧПК, підлягає копіюванню або відтворення з переробками. Розробка принципової схеми верстата із ЧПК.

10) **Розробка верстатів з ЧПК:** Геометрична вісь в принциповій схемі верстату. Вибір типів верстатів при створенні принципової схеми. Компоновка як частина принципової схеми верстату. Компоновка верстатів з ЧПК. Продуктивність верстатів із ЧПК. Побудова ЧПК верстата: свердлильного, розточного, фрезерного. Багатопозиційними верстат із ЧПК. Розрахунок продуктивності багатопозиційного верстата. Інструменти та пристрої для фрезерних верстатів з числовим програмним керуванням.

11) **Приводи верстатів із ЧПК:** Приводи верстатів із ЧПК. Вхідні дані приводів верстатів із ЧПК. Вихідні параметри приводів верстатів із ЧПК. Регулювання приводів верстатів із ЧПК.

12) **Розвиток верстатів із ЧПК:** Перспективи розвитку та застосування верстатів із ЧПК у машинобудуванні, виробництві зварних конструкцій, 3D наплавленні.

13) **Розрахунки складових верстатів із ЧПК:** Розрахунок пасової передачі клиновими і полікліновими пасками. Розрахунок пасової передачі зубчатим паском. Розрахунок ланцюгової передачі. Вибір рейкових напрямних з кареткою кочення. Управління верстатом із ЧПК. Точність верстатів із ЧПК. Вибір електродвигуна для приводу подання. Розрахунок шарико-гвинтової пари.

6.5 Підготовка до МКР - 2 год.. МКР полягає у проходженні тестів у системі Moodle 1 год. МКР-1 проводиться у комп'ютерному класі під час практичного заняття 1 протягом 20 хв.

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Політика навчальної дисципліни «Конструювання вузлів зварювальних установок» є складовою частиною загальної політики в галузі якості КПІ імені Ігоря Сікорського і полягає у виконанні викладачем і студентами наступних принципів.

- ✓ Відвідування лекцій, практичних, лабораторних занять є обов'язковим. Необхідність пропуску занять з поважних причин заздалегідь узгоджується з викладачем з вирішенням питання щодо форм відпрацювання пропущеного матеріалу. У разі пропуску занять через хворобу викладачеві надається медична довідка.
- ✓ На лекціях, практичних та лабораторних заняттях обов'язковим є відключення телефонів. На заліках забороняється використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача чи в інтернеті.
- ✓ На лекціях, практичних та лабораторних заняттях студенти проявляють активність. На лекціях виникаючі питання 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 та лабораторні заняття виконуються командами студентів (підгрупами) в формі ділової гри. Склад команди визначають студенти за погодженням з викладачем. Закінчені результати виконання кожного практичного та лабораторного заняття демонструються викладачеві на наступному занятті. Захист виконання повного комплексу практичних та лабораторних

занять здійснюється командою студентів на останньому занятті і є обов'язковою умовою допуску на залік.

- ✓ Практичні та лабораторні заняття повинні бути виконані і захищені до початку екзаменаційної сесії. Перездачі іспиту допускаються не більше двох разів під час додаткової сесії. Для повторної перездачі викладачем призначається комісія.
- ✓ 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.

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

Поточний контроль проводиться за рішенням викладача в двох формах: експрес-опитування за темою попередньої лекції на початку лекції.

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: виконання повного комплексу практичних занять, розрахунково-графічної роботи, модульної контрольної роботи сумарний семестровий рейтинг не нижчий 60 балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань. Студенти які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку менше 60 балів, а також студенти, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку в семестрі проходять семестровий контроль у вигляді залікової контрольної роботи.

Розрахунок рейтингових балів

- Присутність або відсутність студента на аудиторному занятті не оцінюється
- **Експрес-опитування на лекціях;**
Ваговий бал – 4. Максимальна кількість балів на всіх лекціях складає: $4 \text{ бал} \times 4 = 16 \text{ балів}$.
- **Виконання та захист практичних робіт;**
Ваговий бал – 18. Максимальна кількість балів складає: $18 \text{ балів} \times 1 = 18 \text{ балів}$:
- **Виконання розрахунково-графічної роботи** - 18...40 балів. Тема РГР призначається із списку тематики завдань. Правильно зроблена РГР має ваговий бал 40. Неповна або частково неправильна — 18.
Критерії оцінювання РГР :
 - РГР виконана повністю і правильно – 40 балів
 - РГР виконана не повністю (нараховуються штрафні бали):
 - ✓ не побудована 3D модель деталі «– 8 балів»;
 - ✓ побудована 3D модель деталі з помилками «– 4 бали»;
 - ✓ не вірно написані G-коди «– 8 балів»;
 - ✓ РГР оформлена з порушеннями вимог « – 4 бали».
- **Виконання модульної контрольної роботи** – 26 балів. Після проходження теоретичного матеріалу на лекціях студенти складають тести у системі Moodle 1 раз по 30 питань. Кожне тестування оцінюється у 26 балів (0,86 бали за кожну правильну відповідь).
- Розмір шкали рейтингу з дисципліни складає: $R=16+18+40+26=100 \text{ балів}$.
 - ✓ Умови допуску до заліку:
 - ✓ виконано практичне заняття;
 - ✓ виконана і захищена РГР;

- ✓ виконана МКР;
- ✓ стартовий рейтинг - 60 балів або вище.

- **Залікова семестрова контрольна робота** пропонується у разі набору студентом недостатньої для семестрової атестації кількості балів (від 50 до 59 балів) або при незгоді студентом з кількістю балів набраних протягом семестру.
- Попередній рейтинг здобувача (за винятком балів за РГР) скасовується і він отримує оцінку з урахуванням результатів залікової контрольної роботи (відповідно до Положення про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського наказ №НОН/131/2022 від 03.05.2022 р.).
- Питання які виносяться на залікову контрольну роботу наведені в п. 9.

Критерії оцінювання залікової контрольної роботи:

Залікова контрольна робота складається з 10 теоретичних питань.

- Правильна відповідь на кожне оцінюється в 6 балів (6 x 10=60 балів).
- Шкала оцінювання кожного із 10 теоретичних питань:
- 0 - відповідь невірна або відсутня;
- 8-31 – відповідь частково (на 30%) вірна.
- 32-51 – відповідь частково (на 60%) вірна.
- 52-58 – відповідь частково (на 90%) вірна.
- 60 - відповідь правильна і повна.

Величина шкали залікової контрольної роботи R2 =60 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

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік індивідуальних завдань для РГР:

Верстат із ЧПК для механізованого зварювання дротом 1,2 мм

Верстат із ЧПК для механізованого зварювання дротом 0,6 мм

Верстат із ЧПК для TIG зварювання без присадкового дроту

Верстат із ЧПК для TIG зварювання із присадковим дротом 1,2 мм

Верстат із ЧПК для точкового зварювання

Верстат із ЧПК для лазерного зварювання

Верстат із ЧПК для механізованого 3D зварювання дротом 1,2 мм

Верстат із ЧПК для лазерного різання

Верстат із ЧПК для плазмового різання

Верстат із ЧПК для газового різання

Перелік питань, які виносяться на модульний контроль та залік:

- 1) Поясніть про передумови появи верстатів із ЧПК
- 2) Обґрунтуйте переваги та недоліки використання верстатів з ЧПК.
- 3) Наведіть класифікацію верстатів з ЧПК по типу руху
- 4) Поясніть про особливості ЧПК верстатів з 2 і 3 осями

- 5) Поясніть про особливості ЧПК верстатів з 4 і 5 осями
- 6) Назвіть рухи в верстатах при обробці деталі
- 7) Поясніть взаємозв'язок компоновки верстата ЧПК та точності обробки
- 8) Поясніть переваги застосування сінтеграну для виробництва верстатів із ЧПК
- 9) Поясніть переваги застосування модульних верстатів із ЧПК
- 10) Поясніть будову слідкуючого приводу верстата із ЧПК
- 11) Поясніть переваги та недоліки різних видів напрямних верстатів
- 12) Поясніть переваги та недоліки застосування кулькових гвинтових пар
- 13) Поясніть про автоматичну зміну інструменту верстатів із ЧПК
- 14) Поясніть про системи змащування верстатів із ЧПК
- 15) Поясніть про нульові, вихідні і фіксовані точки верстатів із ЧПК
- 16) Поясніть про технічне обслуговування верстатів з ЧПК
- 17) Поясніть про похибки верстата із ЧПК та їх корекцію
- 18) Поясніть про автоматичну зміну заготовки на верстаті із ЧПК
- 19) Поясніть про зажимні патрони верстатів із ЧПК
- 20) Поясніть про компоновку верстатів з ЧПК
- 21) Поясніть про приводи верстатів із ЧПК
- 22) Поясніть про циклове програмне управління
- 23) Поясніть про ациклове програмне управління
- 24) Поясніть про перспективи розвитку та застосування верстатів із ЧПК у виробництві зварних конструкцій та 3D наплавленні

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено к.т.н, доц. Мінаковим Сергієм Миколайовичем.

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)