



Системи керування технологічним обладнанням

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>денна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, 6 семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 годин (4.0 кредити ЄКТС): лекційні заняття – 36 год., лабораторні заняття – 18 год., практичні заняття – 18 год., самостійна робота – 48 год.</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік, МКР, РГР</i>
Розклад занять	4 години на тиждень (2 години лекційних та 2 години практичних/лабораторних занять), http://rozklad.kpi.ua/
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доцент Лесик Дмитро Анатолійович, lesyk_d@ukr.net ; +38(096)207-79-77 Практичні: асистент Данилейко Олександр Олександрович, danyleiko.oleksandr@gmail.com ; +38(068)687-98-64 Лабораторні: асистент Данилейко Олександр Олександрович, danyleiko.oleksandr@gmail.com ; +38(068)687-98-64
Розміщення курсу	https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&ir_own

Програма навчальної дисципліни

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

Навчальна дисципліна "Системи керування технологічним обладнанням" відноситься до групи вибірових дисциплін циклу професійної та практичної підготовки і формує сукупність знань та вмінь для розробки та реалізації керуючих програм та їх складових із використанням сучасного апаратного та програмного забезпечення на різних стадіях життєвого циклу комп'ютерних систем керування технологічним обладнанням з урахуванням специфіки побудови технологічних операцій механічної обробки, що пов'язано із особливостями інструменту та їх результатів.

Метою викладання навчальної дисципліни є надання студентам можливість оволодіння алгоритмом створення керуючих програм для різних технологічної операції механічної обробки, що включає до себе таку послідовність дій для стандартних виробничих ситуацій:

- аналіз креслення деталі яка буде оброблятися на обладнанні з ЧПК, якісних, показників продуктивності та собівартості, для обґрунтування вибору обладнання;
- розробка технології обробки з урахуванням складових;
- режимне забезпечення обраної схеми обробки з урахуванням вимог технічного завдання (ТЗ) та можливостей технологічного обладнання.

Предметом дисципліни є технологічне забезпечення обраного процесу формоутворення заданих елементів заготовки та розробка відповідних керуючих програм.

Вивчення освітнього компоненту «Системи керування технологічним обладнанням» передбачає формування та розвиток у здобувачів ступеня бакалавр компетентностей, передбачених освітньою програмою «Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій» за спеціальністю 131 – Прикладна механіка, яка розроблена з урахуванням Стандарту вищої освіти України (наказ Міністерства освіти і науки України від 20.06.2019 р. № 865) та освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти КПІ ім. Ігоря Сікорського (наказ КПІ ім. Ігоря Сікорського від 15.02.2022 р. № Н0Н/75/2022).

Загальні компетентності (ЗК):

- ЗК 1: Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
- ЗК 2: Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;
- ЗК 3: Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми;
- ЗК 4: Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- ЗК 5: Здатність працювати в команді;
- ЗК 6: Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків;
- ЗК 7: Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями;
- ЗК 9: Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій;
- ЗК 10: Навички здійснення безпечної діяльності.

Фахові компетентності (ФК):

- ФК 1: Здатність аналізу матеріалів, конструкцій та процесів на основі законів, теорій та методів математики, природничих наук і прикладної механіки;
- ФК 2: Здатність робити оцінки параметрів працездатності матеріалів, конструкцій і машин в експлуатаційних умовах та знаходити відповідні рішення для забезпечення

заданого рівня надійності конструкцій і процесів, в тому числі і за наявності деякої невизначеності;

ФК 3: Здатність проводити технологічну і техніко-економічну оцінку ефективності використання нових технологій і технічних засобів;

ФК 4: Здатність здійснювати оптимальний вибір технологічного обладнання, комплектацію технічних комплексів, мати базові уявлення про правила їх експлуатації;

ФК 6: Здатність виконувати технічні вимірювання, одержувати, аналізувати та критично оцінювати результати вимірювань;

ФК 7: Здатність застосовувати комп'ютеризовані системи проєктування (CAD), виробництва (CAM), інженерних досліджень (CAE) та спеціалізоване прикладне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань з прикладної механіки;

ФК 8: Здатність до просторового мислення і відтворення просторових об'єктів, конструкцій та механізмів у вигляді проєкційних креслень та тривимірних геометричних моделей;

ФК 9: Здатність представлення результатів своєї інженерної діяльності з дотриманням загальноприйнятих норм і стандартів;

ФК 10: Здатність описувати та класифікувати широке коло технічних об'єктів та процесів, що ґрунтується на глибокому знанні та розумінні основних механічних теорій та практик, а також базових знаннях суміжних наук;

ФК 12: Здатність оцінювати та контролювати параметри концентрованих джерел енергії під час генерації та при взаємодії випромінювання з речовинами та розробляти рішення для забезпечення їх стабільності;

ФК 16: Здатність обирати оптимальні та розробляти нові технології та обладнання для лазерних та фізико-технічних процесів з метою підвищення продуктивності та контрольованості цих процесів;

ФК 18: Здатність використовувати знання в галузі виробництва конструкцій для забезпечення виконання технологічного процесу виготовлення типових конструкцій за допомогою зварювання, лазерних та споріднених технологій.

Результати навчання освітнього компонента деталізують такі **програмні результати навчання (РН)**, передбачені освітньою програмою «Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій»:

РН 5: Виконувати геометричне моделювання деталей, механізмів і конструкцій у вигляді просторових моделей і проєкційних зображень та оформлювати результат у виді технічних і робочих креслень;

РН 7: Застосовувати нормативні та довідкові дані для контролю відповідності технічної документації, виробів і технологій стандартам, технічним умовам та іншим нормативним документам;

РН 8: Знати і розуміти основи інформаційних технологій, програмування, практично використовувати прикладне програмне забезпечення для виконання інженерних розрахунків, обробки інформації та результатів експериментальних досліджень;

РН 10: Знати конструкції, методики вибору і розрахунку, основи обслуговування і експлуатації приводів верстатного і робототехнічного обладнання;

РН 11: Розуміти принципи роботи систем автоматизованого керування технологічним обладнанням, зокрема мікропроцесорних, вибирати та використовувати оптимальні засоби автоматики;

РН 12: Навички практичного використання комп'ютеризованих систем проєктування (CAD), підготовки виробництва (CAM) та інженерних досліджень (CAE);

РН 14: Здійснювати оптимальний вибір обладнання та комплектацію технічних комплексів;

РН 20: Знати і розуміти фізичні, теплові, термомеханічні та фізико-хімічні процеси при зварюванні та споріднених технологіях, причинно-наслідкові зв'язки між характером цих процесів та умовами отримання нерознімних з'єднань або функціональних поверхонь;

РН 24: Розробляти технологічні процеси та операції лазерних та фізико-технічних технологій з використанням їх переваг та особливостей;

РН 26: Знати основні принципи виготовлення конструкцій за допомогою зварювання, лазерних та споріднених технологій, склад та призначення допоміжного оснащення, алгоритми та заходи з комплексної механізації і автоматизації виробництва.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни "Системи керування технологічним обладнанням" (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Для успішного засвоєння матеріалу освітнього компоненту необхідні знання, які одержуються студентом у попередніх курсах: «Інформатика», «Матеріалознавство», «Механіка матеріалів і конструкцій. Частина 1. Опір матеріалів».

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

3. Зміст навчальної дисципліни "Системи керування технологічним обладнанням"

Вступ.

Розділ 1. Автоматизація виробничих процесів

Тема 1.1. Особливості автоматизації виготовлення виробів

Тема 1.2. Автоматизація технологічних операцій

Тема 1.3. Виготовлення виробів у гнучких виробничих системах (ГВС)

Розділ 2. Будова та особливості керування верстатів з ЧПК

Тема 2.1. Рухи у верстатах, основні поняття про кінематику

Тема 2.2. Пристрої для реверсування руху на обладнанні з ЧПК

Тема 2.3. Методи ступінчастого та безступінчастого регулювання рухів робочих органів верстатів

Тема 2.4. Конструкції приводів подач обладнання з ЧПК

Тема 2.5. Будова фрезерного та токарного верстата з ЧПК

Тема 2.6. Інструменти та пристрої для верстатів з ЧПК

Тема 2.7. Системи керування технологічним обладнанням для комбінованої лазерної термомеханічної обробки

Розділ 3. Основи розробки керуючих програм для обладнання з числовим програмним забезпеченням (ЧПК)

Тема 3.1. Виробничий і технологічний процес.

Тема 3.2. Вихідні дані для проектування технологічних операцій на обладнанні з ЧПК

Тема 3.3. Загальні відомості про програмне керування верстатами з ЧПК

Тема 3.4. Структура і канали зв'язку програмного керування

Тема 3.5. Класифікація систем ЧПК

Тема 3.6. Розробки керуючих програм верстатів з ЧПК

Розділ 4. Технологічні основи математичного моделювання процесів обробки різанням

Тема 4.1. Етапи створення систем програмного керування технологічного обладнання

Тема 4.2. Математичні методи визначення оптимального варіанту технологічного процесу

Тема 4.3. Технологічні основи математичних моделей обробки деталей

Тема 4.4. Автоматизація побудови технологічних маршрутів обробки деталей

Тема 4.5. Побудова оптимальних операцій для верстатів з ЧПК.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Основи професійної діяльності [Електронний ресурс]: навчальний посібник / В.В. Джемелінський, Д.А. Лесик; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Електронні тестові дані (1 файл: 15,2 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 177 с. – Доступ: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/19695>.

2. Технологія конструкційних матеріалів: Обробка металевих виробів різанням: Практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів технічних спеціальностей / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Д.А. Лесик, В.В. Джемелінський, Ю.В. Ключников, О.Т. Сердітов. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,86 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 119 с. – Доступ: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/41343>

Додаткова література

3. Основи професійної діяльності: Домашня контрольна робота [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: В.В. Джемелінський, Д.А. Лесик, О.О. Данилейко. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – Доступ: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/39470>
4. Основи професійної діяльності [Електронний ресурс]: Методичні вказівки до виконання лабораторних та практичних робіт для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка». / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: В.В. Джемелінський, О.Д. Кагляк, Д.А. Лесик – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – Доступ: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/39469>
5. Металорізальні верстати. URL: [Studfile.net/preview/2114491.2015](https://studfile.net/preview/2114491.2015)

Інформаційні ресурси

6. <http://ltft.kpi.ua/ua/> (сайт кафедри лазерної техніки та фізико-технічних технологій – ЛТФТ)
7. <http://login.kpi.ua/> (сайт кампусу КПІ ім. Ігоря Сікорського)

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни "Системи керування технологічним обладнанням"

Навчальний матеріал освітнього компоненту викладається на заняттях згідно зі наступною структурою (табл. 5.1).

Таблиця 5.1. Структура викладання навчальної дисципліни "Системи керування технологічним обладнанням"

Назви розділів та тем	Кількість годин				
	Всього	У тому числі			
		Лекції	Практ. заняття	Лабор. роботи	СРС
1	2	3	4	5	6
Вступ					
Огляд змісту освітнього компоненту, його структури, призначення, навчальна база та місце в системі підготовки фахівця	1,0	1,0	-	-	-
Розділ 1. Автоматизація виробничих процесів					
Тема 1.1. Особливості автоматизації виготовлення виробів	2,0	1,0	-	-	1,0
Тема 1.2. Автоматизація технологічних операцій	3,0	1,0	-	-	2,0
Тема 1.3. Виготовлення виробів у гнучких виробничих системах (ГВС)	2,0	1,0	-	-	1,0
Разом за розділом 1	8,0	4,0	-	-	4,0

Назви розділів та тем	Кількість годин				
	Всього	У тому числі			
		Лекції	Практ. заняття	Лабор. роботи	СРС
1	2	3	4	5	6
Розділ 2. Будова та особливості керування верстатів з ЧПК					
Тема 2.1. Рухи у верстатах, основні поняття про кінематику	4,0	1,0	2,0	-	1,0
Тема 2.2. Пристрої для реверсування руху на обладнанні з ЧПК	4,0	1,0	-	2,0	1,0
Тема 2.3. Методи ступінчастого та безступінчастого регулювання рухів робочих органів верстатів	7,0	1,0	-	4,0	2,0
Тема 2.4. Конструкції приводів подач обладнання з ЧПК	2,0	2,0	-	-	-
Тема 2.5. Будова фрезерного та токарного верстата з ЧПК	8,0	2,0	-	4,0	2,0
Тема 2.6. Інструменти та пристрої для верстатів з ЧПК	5,0	2,0	-	2,0	1,0
Тема 2.7. Системи керування технологічним обладнанням для комбінованої лазерної термомеханічної обробки	9,0	3,0	-	4,0	2,0
Разом за розділом 2	39,0	12,0	2,0	16,0	9,0
Розділ 3. Основи розробки керуючих програм для обладнання з числовим програмним забезпеченням (ЧПК)					
Тема 3.1. Виробничий і технологічний процес	5,0	2,0	2,0	-	1,0
Тема 3.2. Вихідні дані для проектування технологічних операцій на обладнанні з ЧПК	2,0	2,0	2,0	-	-
Тема 3.3. Загальні відомості про програмне керування верстатами з ЧПК	5,0	2,0	2,0	-	1,0
Тема 3.4. Структура і канали зв'язку систем програмного керування характеристик посадок	4,0	2,0	-	-	2,0
Тема 3.5. Класифікація систем ЧПК	4,0	2,0	-	-	2,0
Тема 3.6. Розробка керуючих програм для верстатів з ЧПК	13,0	3,0	6,0	2,0	2,0
Разом за розділом 3	35,0	13,0	12,0	12,0	8,0
Розділ 4. Технологічні основи математичного моделювання процесів обробки різанням					
Тема 4.1. Етапи створення систем програмного керування технологічного обладнання	4,0	1,0	2,0	-	1,0

Назви розділів та тем	Кількість годин				
	Всього	У тому числі			
		Лекції	Практ. заняття	Лабор. роботи	СРС
1	2	3	4	5	6
Тема 4.2. Математичні методи визначення оптимального варіанту технологічного процесу	4,0	1,0	-	-	3,0
Тема 4.3. Технологічні основи математичних моделей обробки деталей	4,0	1,0	2,0	-	1,0
Тема 4.4. Автоматизація побудови технологічних маршрутів обробки деталей	4,0	2,0	-	-	2,0
Тема 4.5. Побудова оптимальних операцій для верстатів з ЧПК	5,0	2,0	-	-	3,0
Разом за розділом 4	21,0	7,0	4,0	-	10,0
Контрольна модульна робота (Частина 1)	1,0	-	-	-	1,0
Контрольна модульна робота (Частина 2)	1,0	-	-	-	1,0
РГР	15,0				15,0
Залік	-				-
Всього годин	120	36	18	18	48

Перелік запланованих лекційних занять до дисципліни "Системи керування технологічним обладнанням" приведено у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2. Перелік лекційних занять

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, завдання на СРС з посиланням на літературу)
1	Лекція 1. Вступ. Мета та задачі освітнього компоненту. Основні завдання на СРС: Особливості обробки поверхонь деталей на обладнанні з ЧПК.
2	Лекція 2. Особливості автоматизації виготовлення виробів. Визначення: промислові роботи та маніпулятори, роботизований технологічний комплекс, гнучкий виробничий модуль. Які основні етапи технологічної підготовки виробництва (ТПВ) в гнучкій виробничій системі (ГВС) та які типові задачі ТПВ ГПС? Основні завдання на СРС: Які основні етапи та типові завдання ТПВ ГПС?
3	Лекція 3. Автоматизація технологічних операцій. Елементи гнучких виробничих систем для автоматизації виконання операцій. Призначення ЧПК адаптивного керування, промислових роботів. Які компонувальні схеми використовуються в робототехнологічних комплексах. Завдання на СРС: Які компонувальні схеми використовуються в робототехнічних комплексах?

4	Лекція 4. Виготовлення виробів у гнучких виробничих системах (ГВС). Призначення гнучкої виробничої системи, складові автоматизованих ділянок ГВС. Завдання на СРС: Операційна технологія обробки корпусних деталей на багатоцільових верстатах з ЧПК.
5	Лекція 5. Рухи у верстатах, основні поняття про кінематику. Категорії рухів: основні (рухи формоутворення до яких відносяться головний рух, рух подачі і в деяких групах верстатів також рухи ділення, рухи огинання; допоміжні рухи, які не зв'язані з процесом різання (закріплення заготовки та інструмента, установка частоти обертів та величини подачі і ін.). Завдання на СРС: Кінематична схема та які передачі використовують у металорізальних верстатах?
6	Лекція 6. Пристрої для реверсування руху на обладнанні з ЧПК. Зміни напрямку руху – використовуються різні механічні, електричні та гідравлічні пристрої. Методи ступінчастого та безступінчастого регулювання рухів робочих органів верстатів. Зміна швидкості робочого органу може здійснюватись ступінчасто або безступінчастого. У випадку ступінчастого регулювання швидкості зміна частот обертання підпорядковується закону геометричного ряду. Завдання на СРС: Привести схеми реверсних механізмів з кулачковими муфтами. Які методи ступінчастого регулювання швидкості робочого органа верстата?
7	Лекція 7. Конструкції приводів подач обладнання з ЧПК. Безступінчасті приводи регулювання робочих органів верстатів з ЧПК – призначені для плавної і безперервної зміни частоти обертання шпинделя або подачі, а також змінювати швидкість головного руху або подачі під час роботи верстата. Регулювання на основі використання електричного, гідравлічного та механічного безступінчастих приводів (варіаторів). Завдання на СРС: Які використовують способи безступінчастого регулювання швидкостей, головного руху та руху подач?
8	Лекція 8. Будова фрезерного та токарного верстата з ЧПК. Призначення токарних та фрезерних верстатів з ЧПК та ознаки для їх класифікації з урахуванням ступеня автоматизації, виду виконуваних робіт, конструктивних особливостей (розташування осі шпинделя, числа використовуваних інструментів, способу закріплення заготовки та інструментів). Інструменти та пристрої для верстатів з ЧПК. Типи інструментів та їх призначення для токарних та фрезерних верстатів з ЧПК. Завдання на СРС: Які основні вузли фрезерного та токарного верстатів з ЧПК? Які металокерамічні матеріали використовуються для виготовлення фрез та різців?
9	Лекція 9. Системи керування технологічним обладнанням для комбінованої лазерної термомеханічної обробки. Для підвищення фізико-механічних та експлуатаційних властивостей металевих виробів перспективними є гібридні та комбіновані методи термомеханічної обробки з використанням дії лазерного променя та імпульсної дії деформуючих інструментів. Завдання на СРС: Які процеси відбуваються при використанні лазерного термодформаційного зміцнення.
10	Лекція 10. Виробничий і технологічний процес. Завдання на СРС: Методи виконання технологічних процесів формоутворення і склад технологічного процесу механічної обробки.

11	Лекція 11. Вихідні дані для проектування технологічних операцій на обладнанні з ЧПК. Технологічний процес механічної обробки проектується на основі наступних вихідних даних – креслень і технічних умов на виготовлення і приймання виробу, креслення вихідної заготовки, виробничого завдання з урахуванням об'єму та термінів, а також в умовах діючого виробництва склад і ступінь завантаження обладнання, забезпеченість інструментами, а також кваліфікованою робочою силою. Завдання на СРС: Призначення типізації технологічних процесів.
12	Лекція 12. Загальні відомості про програмне керування верстатами з ЧПК. Складові структурної схеми верстатів з ЧПК. Структура і канали зв'язку систем програмного керування. Мікропроцесорні засоби керування: мікропроцесор, мікропроцесорна система, мікроконтролер та шини адреса даних та керування – їх призначення. Завдання на СРС: основи програмування на верстатах з ЧПК. Основні вузли керування вертикально-свердильного верстата з ЧПК.
13	Лекція 13. Класифікація систем числового програмного керування. Класифікація систем програмного керування можна класифікувати по технологічному призначенню і функціональним можливостям, по принципу керування (числу потоків інформації). Завдання на СРС: сутність та схема контурного прямокутного керування при точінні.
14	Лекція 14. Розробка керуючих програм для верстатів з ЧПК. Аналіз систем ЧПК різних поколінь. В системах ЧПК п'ятого покоління реалізуються всі сучасні досягнення, які властиві персональним комп'ютерам, включаючи мови програмування, програмно-математичне забезпечення, системи вводу, зберігання і обміну інформації. Можливість структурної зміни, можливість виконання функцій самоналаштування та адаптації. Завдання на СРС: Сутність контурного пристрою для формоутворення деталей складної форми.
15	Лекція 15. Етапи створення систем програмного керування технологічного обладнання. В основі розробки технологічних процесів використовують два принципи- технічний і економічний. При автоматизованій розробці процесів обробки різанням використовують типові рішення, проводять їх аналіз і оптимізацію з урахуванням виробничих умов з наступним створенням оптимальних технологічних процесів. Завдання на СРС: Доцільність налаштування в нульову точку перед виконанням операції на верстатах з ЧПК.
16	Лекція 16. Математичні методи визначення оптимального варіанту технологічного процесу. Принципи побудови моделей. Метод лінійного програмування. Завдання на СРС: Рівняння математичної моделі та обмеження для вибору оптимального варіанта прийняття рішення.
17	Лекція 17. Технологічні основи математичних моделей обробки деталей. При розробці математичних моделей операцій на металорізальних верстатах встановлюються обмеження і визначається цільова функція. Завдання на СРС: ціль оптимізації процесів обробки різанням.
18	Лекція 18. Автоматизація побудови технологічних маршрутів обробки деталей. Вихідні дані для побудови маршрутів обробки деталей, визначення переліку операцій та послідовність їх виконання. Побудова оптимальних операцій для

	верстатів з ЧПК. Головне завдання при побудові оптимальної операції є розробка керуючої програми, основна частина якої технологічна. Завдання на СРС: Класифікація операцій обробки деталей та схеми їх кодування. Сутність методики побудови оптимальних операцій на верстатах з ЧПК.
--	--

Практичні заняття

Основними завданнями циклу практичних занять є закріплення теоретичних положень Цикл практичних занять має ціллю закріплення головних тем освітнього компоненту, які засвоєно теоретично. В зв'язку з тим, що головним його завданням є надання знань і умінь вибору ефективного методу обробки, вдалої технологічної схеми операції та визначення необхідного за призначенням її технологічного оснащення для складання керуючих програм. Перелік запланованих практичних занять до дисципліни "Системи керування технологічним обладнанням" приведено у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3. Перелік практичних занять

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань	Кількість годин
1	Практичне заняття 1. Визначення основних елементів технологічного процесу механічної обробки деталей	2,0
2	Практичне заняття 2. Основи програмування на верстатах з ЧПК	2,0
3	Практичне заняття 3. Визначення параметрів програмування для фрезерування зовнішнього контуру деталі	2,0
4	Практичне заняття 4. Визначення параметрів програмування дуги та кола	2,0
5	Практичне заняття 5. Розробка керуючої програми для обробки ступінчастого вала	2,0
6	Практичне заняття 6. Визначення параметрів програмування для обробки отворів	2,0
7	Практичне заняття 7. Розрахунок енергії ударної дії інструментів для поверхневого зміцнення	2,0
8	Практичне заняття 8. Методика визначення та підтримання постійної температури при комбінованій лазерній термомеханічній обробці	2,0

Лабораторні заняття

Основні завдання циклу лабораторних занять полягають в практичному закріпленні головних тем освітнього компоненту, оволодінні сучасними методами експериментальних досліджень, вибору засобів вимірювання, обробки, аналізу та оцінюванню отриманих результатів. Знайомство з устаткуванням учбової лабораторії обов'язково супроводжується інструктажем з техніки безпеки.

Перелік запланованих лабораторних робіт до дисципліни "Системи керування технологічним обладнанням" приведено у таблиці 5.4.

Таблиця 5.4. Перелік лабораторних робіт

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість годин
1	Лабораторна робота 1. Будова та особливості керування фрезерного верстата з ЧПК	2,0
2	Лабораторна робота 2. Будова та особливості керування токарного та свердлильного верстата з ЧПК	2,0
3	Лабораторна робота 3. Інструменти та пристрої для токарних та фрезерних верстатів з ЧПК	2,0
4	Лабораторна робота 4. Структурна схема управління верстатом з ЧПК	2,0
5	Лабораторна робота 5. Дослідження технологічного обладнання з ЧПК для гібридної/лазерної термомеханічної обробки	2,0
6	Лабораторна робота 6. Приводи механізмів переміщення обладнання з ЧПК	2,0
7	Лабораторна робота 7. Методи ступінчастого регулювання робочими вузлами верстата	2,0
8	Лабораторна робота 8. Безступінчасті приводи робочих органів верстатів з ЧПК	2,0

6. Самостійна робота студента

Всього на опрацювання освітнього компоненту "Системи керування технологічним обладнанням" в рамках навчального плану підготовки бакалаврів спеціальності професійного спрямування "Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій" відведено 66 годин самостійної роботи, з яких 15 годин планується на виконання розрахунково-графічної роботи (РГР), 2 год. на підготовку до МКР та 6 год. на підготовку до заліку. 25 годин самостійної роботи відводиться на підготовку до лекційних, практичних та лабораторних занять, а також на самостійне опрацювання навчальної дисципліни (табл. 6.1).

Таблиця 6.1. Перелік тем та питань на самостійне опрацювання

№ з/п	Назви тем і питань, що виносяться на самостійне опрацювання та посилання на навчальну літературу	Кількість годин СРС
1	Тема 1.1. Етапи виготовлення виробів на машинобудівних підприємствах. Які основні етапи та типові завдання ТПВ ГПС?	1,0
2	Тема 1.2. Автоматизація технологічних операцій. Які компонувальні схеми використовуються в робототехнічних комплексах?	2,0
3	Тема 1.3. Виготовлення виробів у гнучких виробничих системах (ГВС). Операційна технологія обробки корпусних деталей на багатоцільових верстатах з ЧПК?	1,0
4	Тема 2.1. Рухи у верстатах, основні поняття про кінематику Кінематична схема та які передачі використовують у металорізальних верстатах?	1,0

5	Тема 2.2. Пристрої для реверсування руху на обладнанні з ЧПК. Привести схеми реверсних механізмів з кулачковими муфтами?	1,0
6	Тема 2.3. Методи ступінчастого та безступінчастого регулювання рухів робочих органів верстатів. Які використовують способи безступінчастого регулювання швидкостей, головного руху та руху подач?	2,0
7	Тема 2.4. Конструкції приводів подач обладнання з ЧПК. Які використовують способи безступінчастого регулювання швидкостей, головного руху та руху подач?	-
8	Тема 2.5. Будова фрезерного та токарного верстата з ЧПК. Які основні вузли фрезерного та токарного верстатів з ЧПК?	2,0
9	Тема 2.6. Інструменти та пристрої для верстатів з ЧПК. Які металокерамічні матеріали використовуються для виготовлення фрез та різців?	1,0
10	Тема 2.7 Системи керування технологічним обладнанням для комбінованої лазерної термомеханічної обробки. Які процеси відбуваються при використанні лазерного термодеоформаційного зміцнення?	2,0
11	Тема 2.8. Виробничий і технологічний процес. Методи виконання технологічних процесів формоутворення і склад технологічного процесу механічної обробки?	1,0
12	Тема 2.9. Вихідні дані для проектування технологічних операцій на обладнанні з ЧПК. Призначення типізації технологічних процесів?	-
13	Тема 2.10. Загальні відомості про програмне управління верстатами з ЧПК. Основи програмування на верстатах з ЧПК?	1,0
14	Тема 3.1. Структура і канали зв'язку систем програмного управління. Основні вузли управління вертикально-свердлильного верстата з ЧПК?	2,0
15	Тема 3.2 Класифікація систем числового програмного управління. Сутність та схема контурного прямокутного управління при точінні?	2,0
16	Тема 3.3 Розробка керуючих програм для верстатів з ЧПК. Сутність контурного пристрою для формоутворення деталей складної форми?	1,0
17	Тема 3.4. Етапи створення систем програмного керування технологічного обладнання. Доцільність налаштування в нульову точку перед виконанням операції на верстатах з ЧПК?	1,0
18	Тема 3.5 Математичні методи визначення оптимального варіанту технологічного процесу. Рівняння математичної моделі та обмеження для вибору оптимального варіанта прийняття рішення?	1,0
19	Тема 3.6. Технологічні основи математичних моделей обробки деталей. Ціль оптимізації процесів обробки різанням?	1,0
20	Тема 4.1. Автоматизація побудови технологічних маршрутів обробки деталей. Класифікація операцій обробки деталей та схеми їх кодування?	1,0
21	Тема 4.2. Побудова оптимальних операцій для верстатів з ЧПК сутність методики побудови оптимальних операцій на верстатах з ЧПК.	1,0
	Разом	25

7. Політика навчальної дисципліни "Системи керування технологічним обладнанням"

Викладання освітнього компоненту базується на загально прийнятих нормах та за традиційними правилами, які спонукають студентів бути зацікавленими в отриманні знань з навчальної дисципліни "Системи керування технологічним обладнанням".

Правила відвідування занять та поведінки на заняттях

Для здобувачів вищої освіти очної форми навчання відвідування занять/консультацій не є обов'язковим. Поважними причинами для неявки на заняття/консультації є хвороба або академічна мобільність, які необхідно підтверджувати документами. Відсутність здобувача на заняттях/консультаціях передбачає самостійне опрацювання матеріалу та не звільняє здобувача від виконання завдання на самостійну підготовку або завдання поточного та підсумкового контролю. За об'єктивних причин (наприклад, міжнародна мобільність) навчання може відбуватись в он-лайн формі за погодженням з деканом факультету (директором інституту).

Порядок, умови захисту та оформленням відповідних текстових та графічних матеріалів, якість рішень і терміни їх виконання оцінюються балами, що відображене в рейтинговій системі оцінювання (PCO).

Проведення атестації здобувачів здійснюється відповідно до Положення про екзаменаційну комісію та атестацію здобувачів вищої освіти в КПІ ім. Ігоря Сікорського. Докладніше: <https://osvita.kpi.ua/node/35>.

Політика щодо оскарження оцінювання

Якщо здобувач вищої освіти не згоден з оцінюванням його знань він може оскаржити виставлену викладачем оцінку у встановленому порядку. Порядок повторного проходження здобувачами вищої освіти контрольних заходів урегульовані процедурами Положення про організацію освітнього процесу у ДДТУ Докладніше: <https://osvita.kpi.ua/node/39>.

Політика дедлайнів та перескладань

Порядок ліквідації академічних заборгованостей в Університеті реалізується відповідно до Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського. Детальніше: <https://osvita.kpi.ua/node/32>.

Перескладання заліку відбувається із дозволу декана факультету за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний). У разі виникнення заборгованостей з навчальної дисципліни або

будь-яких форс-мажорних обставин, студенти мають зв'язатися з викладачем по доступних (наданих викладачем) каналах зв'язку для розв'язання проблемних питань та узгодження алгоритму дій для відпрацювання.

Політика академічної поведінки і етики

Студенти мають бути толерантним, поважати думку оточуючих, заперечення формулювати в коректній формі, конструктивно підтримувати зворотний зв'язок на заняттях.

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря

Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Академічна доброчесність здобувачів вищої освіти є важливою умовою для опанування результатами навчання за дисципліною і отримання задовільної оцінки з поточного та підсумкового контролів. Запозичення мають бути оформлені відповідними посиланнями. Списування є забороненим. Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Інші правила та етапи засвоєння освітнього компоненту, спрямовані на досягнення позитивного результату під час різних видів контролю, повинні відповідати нормативним документам Університету та не суперечити законодавству України.

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

Поточний контроль

За темою лекційних занять, на практичних роботах проводяться експрес опитування за пройденими раніше темами, які спонукають кращому розумінню матеріалу, що викладається, та опитування за темою лекції або заняття.

Календарний контроль

Для контролю поточного стану виконання вимог **силабусу** двічі на семестр за графіком навчального процесу Університету або Інституту проводяться модульні контрольні роботи, а система оцінювання наведена в PCO освітнього компоненту.

Семестровий контроль

В якості контролю знань, опанованих студентами за семестр викладання освітнього компоненту, навчальним планом передбачено складання заліку, умови допуску до якого та принцип оцінювання викладено в PCO освітнього компоненту.

Рейтингова система оцінювання результатів навчання студентів за освітнім компонентом СКТО

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань освітнього компоненту згідно з робочим навчальним планом кредитного модуля приведено у таблиці 8.1.

Рейтинг студента з освітнього компоненту розраховується виходячи із 100-бальної шкали та складається з балів, отриманих за:

1. Модульна контрольна робота (МКР) (1 робота);
2. Виконання та захист лабораторних робіт (8 занять);
3. Розв'язок типових задач на практичних заняттях (8 занять);
4. Активність на заняттях, тестові контролі / бліц опитування (18 занять).

Таблиця 8.1. Обсяг навчальної роботи на 2023-2024 навчальний рік

С е м е с т р	Всь ого (кре дит/ годи н)	Розподіл годин за видами занять	Кіл ькіс ть МК Р	РГ Р	Семестро ва атестація
---------------------------------	--	------------------------------------	------------------------------	---------	-----------------------------

		Л е к ц і ї	Пр акт ич ні за нят тя	Ла бо рат ор ні ро бо ти	СРС + підготовка до заліку			
5	4,0/12 0	36	18	18	31	2	15	залік

Система рейтингових балів

1. Модульна контрольна робота (МКР). Ваговий бал – 15 балів, тобто 2 × 15 балів (для двох атестацій).

МКР поділяється на дві контрольні роботи тривалістю по одній акад. годині, які охоплюють матеріали всіх розділів і тем освітнього компоненту.

Кожна частина модульної контрольної роботи виконується в формі письмової відповіді на контрольні/тестові завдання. Максимальна оцінка за частину модульної контрольної роботи (МКР) складає 15 балів.

Максимальна кількість балів за МКР складає 2 частини × 15 балів = 30 балів, що становить 30% від підсумкового рейтингу. Під час виконання кожної частини модульної контрольної роботи студентам дозволяється користуватися власним рукописним конспектом.

Критерії оцінювання:

- максимальна оцінка виставляється у разі повного та правильного розкриття постановки задачі, місця та сутності методів розв'язання задачі, доведення всіх теорем, що пов'язані з задачею, аналізу обмежень та похибок розв'язання задачі;
- оцінка за відповідь на теоретичне питання знижується якщо є недоліки у відповіді;
- максимальна оцінка за розв'язання задачі виставляється у разі правильності рівнянь, формул та виразів, що використовуються; вибору алгоритму розв'язання задачі, її розв'язок з отриманням кількісних оцінок;
- оцінка за розв'язання задачі у 2 бали виставляється якщо правильно наведені вихідні рівняння, формули та вирази; вибрано алгоритм розв'язання задачі, але її розв'язок, або отримані кількісні оцінки неправильні;
- оцінка за розв'язання задачі в 1 бал виставляється якщо правильно обґрунтовано використання вихідних рівнянь, формул та виразів, але алгоритму розв'язання задачі не отримано.

2. Лабораторні роботи. Ваговий бал – 4 бали.

В ході вивчення освітнього компоненту студенти виконують 9 лабораторних робіт. Кожна з них за підсумками захисту оцінюється за п'ятирівневою системою з максимальним балом 4. Оцінка за лабораторні роботи, захищені із запізненням, знижується на кількість занять, які минули від заняття, встановленого розкладом навчального процесу на захист даної роботи. Максимальна оцінка за лабораторну роботу, виконану та захищену із запізненням більше чотирьох занять від встановленого терміну, становить 0 балів.

Максимальна кількість балів за відпрацювання всіх лабораторних робіт дорівнює 4 бали $\times$ 8 = 32 бали, що становить приблизно 30% від підсумкового рейтингу.

Критерії оцінювання:

- максимальний бал 4 виставляється за лабораторну роботу, виконану вчасно та у відповідності до робочого завдання, якщо отримані правильні результати, охайно виконаний звіт, правильно сформульовані висновки до роботи, на захисті продемонстровано розуміння усіх результатів та етапів їх отримання, вільне володіння теоретичним підґрунтям роботи;
- лабораторна робота оцінюється у 3 бали, якщо маються незначні недоліки в процесі виконання роботи, у отриманих результатах, оформленні звіту, зроблених у висновках та під час захисту роботи;
- лабораторна робота оцінюється у 2 бали, якщо маються суттєві недоліки в процесі виконання роботи, у отриманих результатах, оформленні звіту, зроблених висновках та під час захисту роботи;
- лабораторна робота оцінюється у 1 бал, якщо маються значні недоліки в процесі виконанні роботи, у отриманих результатах, оформленні звіту, зроблених висновках та під час захисту роботи;
- лабораторна робота оцінюється у 0.5 бали, якщо вона виконана самостійно, повністю у відповідності до робочого завдання та власноручно виконаний звіт, але не захищена.

3. Розв'язок типових задач на практичних заняттях. Ваговий бал – 3 бали.

На практичних заняттях студенти опановують методики розрахунку і конструювання деталей типових вузлів машин. Таких задач виділено 5. Кожна з них за підсумками захисту оцінюється за п'ятирівневою системою з максимальним балом 3. Оцінка за завдання, виконані з запізненням, знижується на кількість занять, які минули від заняття, встановленого розкладом навчального процесу на захист даної роботи. Максимальна оцінка за практичну роботу, виконану та захищену із запізненням більше чотирьох занять від встановленого терміну, становить 0 балів. Максимальна кількість балів за відпрацювання всіх завдань на практичних заняттях дорівнює 3 балів $\times$ 5 = 15 балів, що становить 15% від підсумкового рейтингу.

Критерії оцінювання:

- максимальний бал 3 виставляється за виконану вчасно та у відповідності до робочого завдання задачу, якщо отримані правильні результати розрахунків, охайно у відповідності з діючими стандартами оформлені текстовий і графічний документи, продемонстровано розуміння усіх результатів, вільне володіння теоретичним підґрунтям роботи;
- завдання оцінюється у 2,5 бали, якщо маються незначні недоліки в процесі виконання роботи, у отриманих результатах, оформленні текстових і графічних матеріалів;
- завдання оцінюється у 2 бали, якщо маються суттєві недоліки в процесі виконання роботи, у отриманих результатах розрахунків, оформленні текстових і графічних матеріалів;
- завдання оцінюється у 1 бали, якщо маються значні недоліки в процесі виконанні роботи, у отриманих результатах розрахунків, оформленні текстових і графічних матеріалів без відповідності до діючих стандартів і правил.

4. Активність на заняттях, тестові контролі / бліц опитування. Ваговий бал – 13 балів.

5. Виконання розрахунково-графічної роботи. Ваговий бал – 10 балів.

Розмір шкали:

- творчо виконана робота – 10 балів;
- роботу виконано з незначними недоліками – 8 балів;
- роботу виконано з певними помилками – 5 балів;
- роботу не зараховано (завдання не виконане або є грубі помилки) – 0 балів.

Примітка: За кожний тиждень запізнення з поданням РГР на перевірку нараховується штрафний $r_{ш}$ – 1 бал (усього не більше – 3 балів).

Розмір шкали PCO з освітнього компоненту дорівнює сумі вагових балів контрольних заходів протягом семестру і складає: $RD = 30 + 32 + 15 + 13 + 10 = 100$ балів.

Рейтингова оцінка (RD) з освітнього компоненту формується як сума всіх рейтингових балів.

Умови атестації та допуску до заліку

Умовою позитивної першої атестації (на 8 тижні) є отримання не менше 15 балів, виконавши 1 або 2 задачі згідно практичних занять та захистивши 2 лабораторні роботи (на час атестації).

Умовою позитивної другої атестації (на 14 тижні) – отримання не менше 25 балів, виконавши 3 або 4 задачі згідно практичних занять та захистивши 4–6 лабораторних робіт (на час атестації).

Умовою допуску до заліку є зарахування всіх лабораторних робіт, розв'язок типових задач та виконання РГР. Студенти, які не виконали умови до заліку не допускаються.

Студенти, які виконали усі передбачені індивідуальні завдання, лабораторно-практичну частину курсу та РГР ($RD \geq 60$ балів), мають можливості:

- не складати залік, отримавши семестрову оцінку (залік) "автоматом" відповідно до набраного рейтингу (табл. 8.2);
- складати залік з метою підвищення оцінки за даною навчальною дисципліною.

Таблиця 8.2. 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

У випадку, коли залікову контрольну роботу виконують з метою підвищення оцінки, оцінка отримана "автоматом" скасовується і студент отримує оцінку тільки за результатом залікової контрольної роботи.

Студенти, які бажають складати залік, можуть покращити набрану оцінку на один ступінь за шкалою ECTS (з B на A, з D на C) тільки одного разу під час проведення заліку. У будь-якому разі підсумкова семестрова оцінка не може бути нижчою за середньоарифметичну оцінку навчальних модулів.

Критерії оцінювання виконання залікової роботи:

На заліку студенти повинні виконати письмову контрольну роботу або дати усну відповідь. Кожне завдання повинно містити два теоретичних запитання (завдання) і одне практичне. Кожне завдання складено з Переліку запитань до заліку з освітнього компоненту. Кожне запитання оцінюється у 5 балів за такими критеріями:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 95% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове розв'язування завдання) – 5 балів;
- «дуже добре» майже повна відповідь, не менше 85% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове розв'язування завдання) – 4 бали;
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь або є незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – 3-3,5 балів;
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 65% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 2-2,5 балів;
- «достатньо», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 1-1,5 бали;
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «достатньо», менше 60% – 0 балів.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри ЛТФТ, к.т.н., доцентом Лесиком Дмитром Анатолійовичем

Ухвалено кафедрою лазерної техніки та фізико-технічних технологій (протокол №5 від 17.11.2023)

Погоджено Методичною комісією інституту НН ІМЗ ім. Є.О. Патона (протокол № 5/23 від 11.12.2023)