



Лазерні та плазмові технології

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	131 – Прикладна механіка
Освітня програма	Конструювання та дизайн машин
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна(денна)/дистанційна/змішана
Рік підготовки, семестр	4 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	4,0 кредити 120 годин, Лекції – 36 год., практичні – 18 год., лабораторні – 18 год., СРС 48 год.
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік, МКР
Розклад занять	За розкладом на сайті університету. https://kpi.ua/web_rozklad
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.ф.-м.н., доцент Ключников Юрій Валентинович y.klyuchnikov-1tft@111.kpi.ua , +380 50 351 74 68 Лабораторні: ст. викладач Дубнюк Віктор Леонідович, vdubnyuk@ukr.net
Розміщення курсу	Електронний кампус https://classroom.google.com (курс у Гугл класі) https://do.ip0.kpi.ua/

Програма навчальної дисципліни

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

Програму навчальної дисципліни “ Лазерні та плазмові технології” складено відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра спеціальності 131 *Прикладна механіка*.

Навчальна дисципліна належить до циклу професійної та практичної підготовки. Предмет навчальної дисципліни: особливості лазерних та плазмових методів обробки матеріалів, фізичні та фізико-хімічні процеси при променевих методах обробки матеріалів, технологічні операції і режими їх виконання, технологічні характеристики процесів, робочі середовища, інструмент та обладнання.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей визначати технологічні характеристики процесів оброблення матеріалів із застосуванням висококонцентрованих потоків енергії, що включає таку послідовність дій для стандартних виробничих ситуацій:

- попередня порівняльна оцінка можливостей існуючих методів обробки, а також променевих, що стосується розмірних, якісних, показників продуктивності та собівартості, для обґрунтування вибору методу;

- аналіз придатних технологічних схем обробки з цією ж метою;
- режимне забезпечення обраної схеми обробки з урахуванням вимог технічного завдання (ТЗ) та можливостей технологічного обладнання взагалі або до якого є доступ.

Таким чином, **предметом дисципліни** є технологічне забезпечення обраного процесу формоутворення заданих елементів заготовки.

Вивчення освітнього компонента передбачає підсилення та розвиток у студентів компетентностей, передбачених освітньою програмою, яка розроблена з урахуванням Стандарту вищої освіти України: перший (бакалаврський) рівень, галузь знань 13 – Механічна інженерія, спеціальність 131 – Прикладна механіка.

Вивчення дисципліни сприяє підсиленню наступних компетентностей:

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

ФК 22. Здатність застосовувати базові методи та прийоми розв'язку типових задач з обчислення функціональних параметрів деталей та конструкцій технологічного обладнання та машин з урахуванням специфіки їх функціонування та конструктивного виконання.

Результати навчання освітнього компонента деталізують такі програмні результати навчання, передбачені освітньою програмою:

РН2. Використовувати знання теоретичних основ механіки рідин і газів, теплотехніки та електротехніки для вирішення професійних завдань.

РН22. Виявляти вплив основних технологічних процесів виготовлення і складання деталей, механізмів і машин на формування техніко-економічних показників та якість продукції.

РН23. Вирішувати практичні завдання з вибору типових технологічних процесів та реалізації технологічних операцій з вибором заготовки, технологічного обладнання, оснащення та інструменту, встановленням технічно обґрунтованих норм часу та формуванням комплексу технологічної документації.

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

Базується на знаннях, які засвоїв студент при вивченні фундаментальних та професійно-орієнтованих дисциплін: «Інженерна та комп'ютерна графіка», «Загальна фізика», «Механіка матеріалів і конструкцій», «Теорія механізмів і машин», «Деталі машин і основи конструювання», «Електротехніка та електроніка», «Вища математика», «Технологія конструкційних матеріалів, «Матеріалознавство». У свою чергу дисципліна може бути корисною для подальшої підготовки з дисциплін: «Переддипломна практика», «Дипломне проектування».

- **3. Зміст навчальної дисципліни**

Вступ. Загальна характеристика лазерних та плазмових (променевих) методів обробки матеріалів.

Класифікація променевих методів обробки матеріалів. Особливості променевих методів обробки матеріалів.

Розділ 1. Плазмова обробка матеріалів.

Тема 1.1. Фізичні процеси при плазмовій обробці матеріалів. Принцип дії плазмотрона. Методи стабілізації дуги в плазмотроні.

Тема 1.2. Технологічні характеристики процесу плазмової обробки матеріалів.

Тема 1.3. Технологічні операції плазмової обробки матеріалів. Обладнання для плазмової обробки матеріалів.

Тема 1.4. Плазмові методи поверхневої обробки матеріалів. Плазмова наплавка. Плазмове напилення поверхонь деталей. Іонно-плазмова технологія

Розділ 2. Електронно-променева обробка матеріалів.

Тема 2.1. Загальна характеристика та схема електронно-променевої обробки матеріалів. Фізичні процеси при електронно-променевій обробці матеріалів.

Тема 2.2. Технологічні операції електронно-променевої обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу електронно-променевої обробки матеріалів. Обладнання для електронно-променевої обробки матеріалів.

Тема 2.3. Фізичні методи напилювання покриттів випаровуванням тугоплавких матеріалів у вакуумі. Електронно-променеве осадження. Методи поверхневої обробки матеріалів прискореними пучками (іонно-променева технологія, іонна імплантація).

Розділ 3. Лазерна обробка матеріалів.

Тема 3.1. Принцип дії лазера. Характеристика лазерного випромінювання. Фізичні процеси при лазерній обробці матеріалів.

Тема 3.2. Характеристики різних типів лазерів та їх функціональних елементів.

Тема 3.3. Технологічні операції лазерної обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесів лазерної обробки матеріалів.

Тема 3.4. Обладнання для лазерної обробки матеріалів.

Розділ 4. Покриття та променеві методи нанесення покриттів.

Тема 4.1. Покриття і їх класифікація за різними ознаками.

Тема 4.2. Методи нанесення покриттів на поверхні виробів.

- 4. Навчальні матеріали та ресурси

Основна література

1. Курс лекцій з дисципліни «Електрофізичні та електрохімічні методи обробки матеріалів» «Машинобудування» [Електронний ресурс] : [презентація] / НТУУ «КПІ» ; уклад. В. Л. Дубнюк. – Електронні текстові дані (1 файл: 13 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2014. – 146 с. – <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/7757>

2. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни "Електрофізичні та електрохімічні методи обробки матеріалів" для студентів всіх форм навчання спеціальності 131 - Прикладна механіка / Л.Ф. Головка, М.С. Блошицин - К.: НТУУ "КПІ", 2021. - 68 с. <http://tft.kpi.ua/ua/studentam/navchalno-metodychna-dokumentatsiia/155-elektrofizichni-ta-elektrokhimichni-metodi-obrobki-materialiv.html>

3. Технологія лазерної поверхневої обробки матеріалів. Курс лекцій \ Головка Л.Ф. НТУУ «КПІ», 2015. <http://tft.kpi.ua/documents/PLPO/PLPO-lec.pdf>

4. Електро-фізико-хімічні методи обробки матеріалів. Курс лекцій \ Головка Л. Ф. НТУУ «КПІ», 2015. <http://tft.kpi.ua/documents/EFHMO/EFHMO-lec.pdf>

5. Технологія лазерної розмірної обробки. В.П. Котляров. НТУУ «КПІ», 2014

Додаткова література

1. Електрофізичні та електрохімічні методи обробки поверхонь деталей у машинобудуванні: [навчальний посібник]. - Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2011.- 412 с. Кіянський М.В., Цивінда Н.І.

2. Advanced Machining Processes. Copyright © 2005 by The McGraw-Hill Companies. All rights reserved. Manufactured in the United States of America.

3. Manufacturing, Engineering & Technology, Fifth Edition, by Serope Kalpakjian and Steven R. Schmid. ISBN 0-13-148965-8. © 2008 Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, NJ.

Інформаційні ресурси

1. <http://ltft.kpi.ua>(сайт кафедри ЛТФТТ)
2. <login.kpi.ua> (сайт КАМПУС'у)
3. <library.ntu-kpi.kiev.ua> (сайт науково – технічної бібліотеки НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»)
4. <https://classroom.google.com> (курс у Гугл класі)

Навчальний контент

- 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Навчальний матеріал освітнього компонента викладається на заняттях згідно з наступною структурою (табл. 1).

Табл. 1.

Структура викладання освітнього компонента

Назви розділів та тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні	Лабораторні	СРС
1	2	3	4	5	6
Вступ. Загальна характеристика променевих методів обробки матеріалів					
Вступ. Класифікація променевих методів обробки матеріалів. Особливості променевих методів обробки матеріалів.	4	4			
Всього за розділом Вступ	4	4			
Розділ 1. Плазмова обробка матеріалів					
Тема 1.1. Фізичні процеси при плазмовій обробці матеріалів. Принцип дії плазмотрона. Методи стабілізації дуги в плазмотроні.	4	2			2
Тема 1.2. Плазмовий струмінь, умови його утворення, види плазми, її властивості. Способи отримання плазмового струменя, його різновиди та властивості. Плазмотрони прямої і побічної дії. Плазмоутворюючі гази. Плазмотрони, що працюють на суміші інертних газів, азоті, повітрі. Енергетичні характеристики плазмових струменів, утворених з використанням різних газових середовищ. Способи фокусування плазмових струменів. Технологічні характеристики процесів обробки плазмовим струменем.	8	2		2	4
Тема 1.3. Технологічні операції плазмової обробки	10	2	2	2	4

матеріалів. Використання плазмових струменів в металургії, зварюванні металів, наплавленні, термічному зміцненні, нанесенні функціональних покриттів. Обладнання для плазмової обробки матеріалів.					
Тема 1.4. Плазмові методи поверхневої обробки матеріалів. Плазмове наплавлення. Плазмове напилювання поверхонь деталей. Іонно-плазмова технологія	6	2	2		2
Всього за розділом 1	28	8	4	4	12
Розділ 2. Електронно-променева обробка матеріалів					
Тема 2.1. Загальна характеристика та схема електронно-променевої обробки матеріалів. Фізичні процеси при електронно-променевої обробці матеріалів.	8	2			6
Тема 2.2. Технологічні операції електронно-променевої обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу електронно-променевої обробки матеріалів. Обладнання для електронно-променевої обробки матеріалів.	12	2	4		6
Тема 2.3. Фізичні методи напилювання покриттів випаровуванням тугоплавких матеріалів у вакуумі. Електронно-променево осадження. Методи поверхневої обробки матеріалів прискореними пучками (іонно-променево технологія, іонна імплантація)	2	2			
Всього за розділом 2	22	6	4		12
Розділ 3. Лазерна обробка матеріалів					
Тема 3.1. Принцип дії лазера. Характеристика лазерного випромінювання. Фізичні процеси при лазерній обробці матеріалів.	8	2		2	2
Тема 3.2. Принцип дії та будова твердотільного лазерного випромінювача. Активні середовища. Способи накачки. Газорозрядні лампи. Резонатори. Газові лазери, принцип роботи, типи, конструкції. Напівпровідникові потужні лазери, їх будова, принцип роботи, характеристики. Волоконні лазери. Способи транспортування та фокусування лазерного випромінювання.	12	4	4	4	4
Тема 3.3. Технологічні операції лазерної обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу лазерної обробки матеріалів.	20	4	6	6	4
Тема 3.4. Обладнання для лазерної обробки матеріалів.	6	2		2	2
Всього за розділом 3	48	12	10	14	12
Розділ 4. Покриття та променеві методи нанесення покриттів					
Тема 4.1. Покриття і їх класифікація за різними ознаками	8	2			6
Тема 4.2. Методи нанесення покриттів на поверхні виробів. Отримання покриттів з парогазової фази. Наплавлення на металеві вироби сплавів інших металів. Отримання покриттів з твердих речовин і їх аеросумішей.	10	4			6

Нанесення твердо-рідких речовин з наступною термообробкою. Катодне формування.					
Всього за розділом 4	18	6			12
Всього годин	120	36	18	18	48

5.1. Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, завдання на СРС з посиланням на літературу)
1	Вступна лекція. Променеві методи обробки. Мета та задачі курсу. Основні терміни та визначення. Визначення енергетичних характеристик методів обробки матеріалів. Загальна характеристика променевих способів обробки матеріалів та їх порівняння. Загальний техніко-економічний аналіз фізико-технічних методів обробки.
2.	Основні технологічні операції променевих методів обробки. Основні технологічні операції. Гібридні технології обробки матеріалів. Адитивні технології і їх зв'язок з фізико-технічними технологіями. Точність розмірів та шорсткість поверхні, отриманої різними технологічними методами. Порівняння різних способів термічного різання.
3.	Принцип дії плазмотрона. Методи стабілізації дуги в плазмотроні. Фізичні процеси при плазмовій обробці матеріалів [1, 3, 5]. Плазмова обробка матеріалів. Фізика процесу. Плазмотрони. Методи стабілізації дуги. Розрахунок режимів плазмової обробки.
4.	Плазмовий струмінь, умови його утворення, види плазми, її властивості. Способи отримання плазмового струменя, його різновиди та властивості, Плазмотрони прямої і побічної дії. Плазмоутворюючі гази. Плазмотрони, що працюють на суміші інертних газів, азоті, повітрі.
5	Енергетичні характеристики плазмових струменів, утворених з використанням різних газових середовищ. Способи фокусування плазмових струменів. Технологічні характеристики процесів обробки плазмовим струменем.
6	Технологічні операції плазмової обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу плазмової обробки матеріалів. Обладнання для плазмової обробки матеріалів [1, 3, 5]. Плазмове термозміцнення, зварювання, наплавлення, різання. Комбіноване плазмо-механічне різання. Типові операції та обладнання.
7	Плазмові методи поверхневої обробки матеріалів Плазмова наплавлення Плазмове напилювання поверхонь деталей Іонно-плазмова технологія
8	Загальна характеристика та схема електронно-променевої обробки матеріалів. Фізичні процеси при електронно-променевій обробці матеріалів [1, 3, 5].

	Електронно-променевої гармати. Конструкції та принцип дії електронно-променевої гармати. Процеси взаємодії електронного променя з матеріалами. Можливості фокусування електронного променя.
9	Технологічні операції електронно-променевої обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу електронно-променевої обробки матеріалів. Обладнання для електронно-променевої обробки матеріалів [1, 3, 5]. Технологічні операції електронно-променевої обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу електронно-променевої обробки матеріалів. Обладнання.
10	Електронно-променевого зварювання, виготовлення отворів, поверхневе зміцнення, полірування
11	Іонно-вакуумні технології нанесення покриттів.
12	Принцип дії лазера. Характеристика лазерного випромінювання. Фізичні процеси при лазерній обробці матеріалів [1, 3, 5]. Лазерне випромінювання, способи його одержання. Основні властивості лазерного випромінювання.
13	Принцип дії та будова лазерного випромінювача. Принцип дії та будова твердотільного лазерного випромінювача. Активні середовища. Способи накачки. Газорозрядні лампи. Резонатори. Газові лазери, принцип роботи, типи, конструкції. Напівпровідникові потужні лазери, їх будова, принцип роботи, характеристики. Волоконні лазери. Способи транспортування та фокусування лазерного випромінювання.
14	Технологічні операції лазерної обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу лазерної обробки матеріалів. Обладнання для лазерної обробки матеріалів [1, 3, 5]. Типові операції лазерної обробки. Розрахунок режимів лазерної обробки.
15	Лазерне зварювання, розмірна обробка. Процеси лазерного термозміцнення, легування та наплавлення, вирощування тривимірних виробів. Лазерна хіміко-термічна обробка.
16	Технологічне обладнання для лазерної обробки
17	Покриття і їх класифікація за різними ознаками Процеси адгезії і когезії в поверхневому шарі матеріалів підкладинки і покриття. Класифікація покриттів за характером розташування на поверхні. Класифікація за методами нанесення покриттів Класифікація методів отримання покриттів, заснована на відмінностях агрегатного та фізичного стану речовини, що наноситься
18	Методи нанесення покриттів на поверхні виробів Методи нанесення функціональних покриттів Отримання покриттів з парогазової фази Отримання покриттів з розплавів і напіврозплавів. Занурення в розплав. Крапельне напилення. Наплавлення на металеві вироби сплавів інших металів

Отримання покриттів з твердих речовин і їх аеросумішей. Отримання покриттів з розчинів і тонких суспензій. Нанесення твердо-рідких речовин з наступною термообробкою. Гальванічні і хімічні покриття. Катодне формування.
--

5.2. Лабораторні заняття

Основні завдання циклу лабораторних занять.

Метою циклу лабораторних робіт є закріплення головних тем освітнього компоненту, які вивчено теоретично. Його головним завданням є надання знань та умінь прогнозування результатів проектування технологічної операції оброблення матеріалів з урахуванням їх структури, фізичних, механічних, хімічних та експлуатаційних властивостей, а також економічних факторів. В зв'язку з цим, всі лабораторні роботи пов'язано з цією діяльністю.

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість аудиторних годин
1.	Дослідження основних методів плазмових технологій інженерії поверхні	2
2.	Налагодження обладнання для плазмового різання на задані режими роботи.	2
3.	Дослідження будови, основних елементів та роботи технологічного лазера на твердому тілі.	2
4.	Дослідження будови, основних елементів та роботи газорозрядного технологічного лазера.	2
5.	Дослідження впливу енергетичних параметрів лазерного технологічного обладнання на технологічні характеристики	2
6.	Дослідження процесу лазерного різання безперервним лазерним опроміненням і визначення технологічних характеристик	4
7.	Дослідження процесу лазерного зварювання	2
8.	Дослідження процесу наплавлення матеріалів лазерним газопорошковим методом	2

5.3. Практичні роботи

Цикл практичних занять має на меті закріплення головних тем освітнього компоненту, які засвоєно теоретично. Головним його завданням є надання знань і умінь вибору ефективного методу обробки, вдалої технологічної схеми операції, визначення технологічних параметрів та необхідного для її виконання технологічного оснащення.

№ з/п	Назва практичної роботи	Кількість аудиторних годин
1.	Визначення технологічних параметрів плазмового гартування	2
2.	Визначення технологічних параметрів плазмового різання	2
3.	Розрахунок основних енергетичних та технологічних параметрів електронно-променевої обробки матеріалів	4
4.	Розрахунок основних енергетичних та технологічних параметрів лазерного технологічного обладнання.	2
5.	Визначення технологічних характеристик процесу лазерного різання	2

	безперервним лазерним опроміненням	
6.	Визначення режимів процесу лазерного зварювання	2
7.	Вибір режимів лазерного зміцнення.	2
8.	Аналіз закономірностей технологічного процесу лазерної поверхневої термообробки сплавів.	2

6. Самостійна робота студента

№ з/п	Назви тем і питань, що виносяться на самостійне опрацювання та посилання на навчальну літературу	Кількість годин СРС
1	<i>Тема 1.1. Технологічні операції плазмової обробки матеріалів [1, 3, 5].</i> <i>Тема 1.2. Обладнання для плазмової обробки матеріалів [1, 3, 5].</i>	6 6
2	<i>Тема 2.1. Технологічні характеристики процесу електронно-променевої обробки матеріалів[1, 3, 5].</i> <i>Тема 2.2. Обладнання для електронно-променевої обробки матеріалів[1, 3, 5].</i>	6 6
3	<i>Тема 3.2. Лазерне гартування. Визначення режимів зміцнення лазерним випромінюванням інструментальних сталей [1, 3, 4, 5].</i> <i>Тема 3.2. Технологічні операції лазерної обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу лазерної обробки матеріалів. Обладнання для лазерної обробки матеріалів [1, 3, 4, 5].</i>	6 6
4	<i>Тема 4.1. Покриття і їх класифікація за різними ознаками</i> <i>Тема 4.2. Методи нанесення покриттів на поверхні виробів. Процеси лазерного термозміцнення, легування та наплавлення, вирощування тривимірних виробів [1, 3, 4, 5].</i> <i>Лазерна хіміко-термічна обробка [1, 3, 4, 5].</i>	6 6
8	<i>Всього годин</i>	48

Політика та контроль

- 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Викладання освітнього компоненту базується на загально прийнятих нормах та за традиційними правилами, які спонукають студентів бути зацікавленими в отриманні знань з дисциплін, що визначають їх професійні компетенцію та придатність. Серед цих правил важливим, але не визначальним, є **правило відвідування** усіх видів занять, як умови тісного контакту з викладачами для безпосереднього засвоєння їх знань, перейняття досвіду творчого життя, культури та принципів гідного поведіння, вигляду та відношенням до собі рівних та послідовників (або противників). Не завжди кількість відвідувань занять пропорційні якості засвоєння матеріалів дисципліни, більш визначальним є **активність, цікавість, творчість** при виконанні завдань, вирішенні тривіальних задач, що проявляється у пошуку та знаходженні оригінальних рішень системного виду та прикладного характеру. Тому у заслугу студенту повинна ставитися не тупа відсидка за партою на заняттях, а творча непосидливість, активна праця над заданими даними та при пошуку нетрадиційних відповідей та рішень. Велика кількість пропозицій, вимога частих та глибоких пояснень під час засвоєння матеріалу лекцій, на практичних заняттях та при виконанні лабораторних робіт на відповідному обладнанні більш

цінні та корисні, ніж вивчені заздалегідь тривіальні основи загально відомих знань, цитування абзаців підручників, конспектів лекцій, тобто повинні оцінюватися викладачами більшою відзнакою.

Що стосується правил пристойної поведінки на заняттях, зокрема, підтримання зв'язку із зовнішнім середовищем, то не **заборона використання відповідних гаджетів** може привести до корисного результату, а зацікавлення студента такою якістю викладання матеріалу, що б йому не було цікаво відволікатися на інші справи. Такий підхід дозволяє широко залучати до творчого процесу навчання можливості **бази даних інтернету**, засобів обчислювальної техніки та наочних матеріалів.

Деякі види навчання, такі як **лабораторні роботи**, мають суттєву відмінність від інших видів занять тим, що потребують прискіпливого приготування до них за межами навчального закладу. Тому крім присутності та активної поведінки студентів в лабораторіях, повинна вимагатися **готовність відповідного рівня** до мети роботи, **наявність** у студента вихідних даних, бланків відповідності та витратних матеріалів у визначеному вигляді. Порядок, умови захисту лабораторних робіт та відповідна його оцінка повинні враховувати особливості виду занять та знайти відбиття в рейтинговій системі оцінювання (PCO).

Визначні за змістом, якістю рішень та оформленням відповідних текстових та графічних матеріалів роботи (індивідуальні та лабораторні), а також ті, що гірші за усіма показниками можуть оцінюватися додатковими **заохочувальними або штрафними** балами, що також повинно відображатися в PCO.

Інші правила та етапи засвоєння освітнього компоненту, включаючи проведення перевірки на **плагіат**, дотримання **академічної доброчесності**, а також досягнення позитивного результату при різних видах 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 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, тема яких викладена в п.10, а система оцінювання наведена в PCO освітнього компоненту.

Семестровий контроль: залік.

Рейтингова система оцінювання результатів навчання студентів

1. Рейтинг студента з освітнього компоненту розраховується виходячи із 100-бальної шкали включає оцінювання заходів поточного контролю з дисципліни впродовж семестру і складається з балів, що студент отримує за:

- виконання лабораторних робіт (**8 робіт**);
- виконання практичних робіт (**8 робіт**);
- модульну контрольну роботу (**1 робота з 4х частин**);
- а також, заохочувальних та штрафних балів.

2. Критерії нарахування балів:

2.1. Виконання лабораторних робіт:

Ваговий бал однієї лабораторної роботи – 4 бали. Мінімальна кількість балів, яка повинна бути набраною, щоб лабораторна робота вважалась зарахованою складає 2,4 бали, тобто 60% від максимальної кількості за одну роботу.

Рейтингові бали за одну лабораторну роботу

Бали	Критерії оцінювання
4,0	Робота виконана повністю, зауважень немає, є відповіді на всі запитання.
3,6	Робота виконана з несуттєвими зауваженнями, у відповідях трапляються неточності.
3,2	Робота виконана з зауваженнями, є відповіді на більшість запитань .
2,8	Робота виконана з помилками, є відповіді лише на частину запитань.
2,4	Робота виконана із значними помилками, є відповіді лише на окремі питання.
0,0	Робота не виконана, звіт не представлений.

Мінімальна кількість балів за всі лабораторні роботи:

$$r1_{min} = 2,4 \text{ балів} \times 8 = 19,2 \text{ балів.}$$

Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи:

$$r1 = 4 \text{ балів} \times 8 = 32 \text{ бали.}$$

Звіт з лабораторних робіт захищається на останньому лабораторному занятті до початку заліку за курсом.

Звіт з практичних робіт (r2)

Звіт з практичних робіт вміщує усі завдання, видані викладачем. Максимальна кількість балів за завдання нараховується за його правильне та своєчасне виконання. Терміни виконання завдань встановлюються викладачем на практичних заняттях. Оцінювання здійснюється відповідно до таблиці:

Рейтингові бали за практичну роботу

Бали	Критерій оцінювання
4,0	Завдання виконано, зауважень немає, є відповіді на всі запитання.
3,6	Завдання виконано з несуттєвими зауваженнями, у відповідях трапляються неточності.
3,2	Завдання виконано з зауваженнями, є відповіді на більшість запитань.
2,8	Завдання виконано з помилками, є відповіді лише на частину запитань.
2,4	Завдання виконано із значними помилками, є відповіді лише на окремі питання.
0,0	Завдання не виконано, робота не представлена.

Мінімальна кількість балів за звіт з практичних занять:

$$r2_{min} = 2,4 \text{ балів} \times 8 = 19,2 \text{ балів.}$$

Максимальна кількість балів за звіт:

$$r2 = 4 \text{ балів} \times 8 = 32 \text{ бали.}$$

2.2. Модульна контрольна робота МКР (до 36 балів, або 4 МКР по 9 балів):

Робочим навчальним планом передбачено проведення однієї модульної контрольної роботи (МКР) в обсязі 2 год. МКР відбувається у вигляді чотирьох контрольних робіт по 0,5 години кожна.

Одна контрольна робота складається з кількох завдань. Завдання оновлюються кожного семестру. Ваговий бал однієї контрольної роботи – 9 балів.

Оцінювання контрольної роботи здійснюється відповідно до таблиці:

Рейтингові бали за одну контрольну роботу

Бали	Критерій оцінювання
9,0	Вірна відповідь більш, ніж на 95 % питань
8,1	Вірна відповідь більш, ніж на 85 % питань
7,2	Вірна відповідь більш, ніж на 75 % питань
6,3	Вірна відповідь більш, ніж на 65 % питань
5,4	Вірна відповідь більш, ніж на 60 % питань
0	Вірна відповідь менш, ніж на 60 % питань або студент був відсутній

Максимальна кількість балів за всі контрольні роботи відповідно складає:

$$r_3 = 9 \text{ балів} \times 4 = 36 \text{ балів}$$

2.3. Штрафні та заохочувальні бали за (не більше 10% від **RD**):

- штрафні бали не передбачені.
- участь у конференції, олімпіаді з дисципліни, модернізації лабораторних робіт, виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни надається від 5 до 10 заохочувальних балів.

2.4 Умови календарного контролю

Календарний контроль з навчальної дисципліни (освітнього компонента) проводиться, як правило, на 7-8 та 14-15 тижнях кожного семестру. Умовою отримання позитивної оцінки з календарного контролю з навчальної дисципліни є значення поточного рейтингу здобувача не менше, ніж 50 % від максимально можливого на час проведення такого контролю. Результати календарного контролю заносяться у модуль «Календарний контроль» Електронного кампусу.

2.5 Критерії залікового оцінювання

Умовою допуску до заліку є зарахування всіх лабораторних робіт (після їх захисту), виконання завдань самостійної роботи та стартовий рейтинг не менше 30 балів.

Рейтингова оцінка доводиться до здобувачів на передостанньому занятті з дисципліни в семестрі. Розрахунок шкали рейтингу:

$$RD = \sum (r_{лр} + r_{мкр} + r_{н.р.}) = 32 + 36 + 32 = 100 \text{ балів}$$

Здобувачі, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань.

Зі здобувачами, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку менше 60 балів, а також з тими здобувачами, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку, на останньому за розкладом занятті з дисципліни в семестрі викладач проводить семестровий контроль у вигляді залікової контрольної роботи або співбесіди. У цьому випадку бали, отримані за індивідуальну роботу залишаються, а бали отримані за модульні контрольні роботи скасовуються.

На заліку студенти повинні виконати *письмову контрольну роботу* або дати *усну відповідь*. Кожне завдання повинно містити три теоретичних запитання (завдання) і одне практичне. Кожне завдання складено з Переліку запитань до заліку з освітнього компоненту. Кожне запитання оцінюється у **9 балів** за такими критеріями:

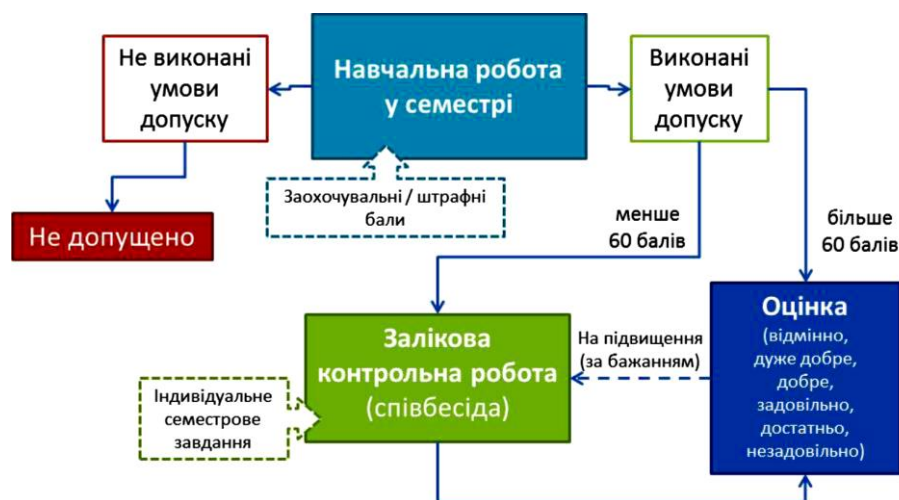
Кількість балів за завдання білета

Бали	Критерій оцінювання
9,0	повна відповідь, не менше 95% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове розв'язування завдання)
8,1	майже повна відповідь, не менше 85% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове розв'язування завдання)
7,2	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)
6,3	неповна відповідь, не менше 65% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками)
5,4	неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками)
0	відповідь не відповідає умовам до «достатньо», менше 60% , або вона відсутня

Після виконання залікової контрольної роботи, якщо оцінка за залікову контрольну роботу більша ніж за рейтингом, здобувач отримує оцінку за результатами залікової контрольної роботи. До відомості семестрового контролю викладач заносить рейтингові бали, отримані здобувачем у семестрі або за результатами виконання залікової контрольної роботи, та оцінку (залікову) відповідно до цих балів згідно з таблицею:

Бали	Оцінка
100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Є не зараховані лабораторні роботи	Не допущено

Схема функціонування РСО з дисципліни із семестровим контролем у вигляді заліку (ПОЛОЖЕННЯ про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського. Наказ № 1/273 від 14.09.2020 р.)



8. Додаткова інформація з освітнього компоненту.

8.1 Тематика завдань модульних контрольних робіт

1. Плазмова обробка. Плазмотрони.
2. Технологічне застосування плазмової обробки.
3. Плазмове різання.
4. Плазмове зварювання.
5. Плазмове наплавлення та напилення.
6. Променеві методи обробки. Основні технологічні процеси. Порівняльні характеристики.
7. Фізична сутність електронно-променевої обробки. Переваги і недоліки.
8. Електронно-променева розмірна обробка.
9. Електронно-променеве зварювання.
10. Технологічні параметри операцій розмірної обробки електронним променем і область їх застосування.
11. Електронно променеве полірування та термообробка.
12. Порівняння плазмового, кисневого та лазерного різання.
13. Технологічні операції лазерної обробки матеріалів.
14. Основні уявлення квантової електроніки.
15. Фізичні основи лазерного випромінювання. Інверсія населеностей.
16. Характеристики лазерного випромінювання.
17. Підсилення світла за допомогою резонатора.
18. Принцип дії твердотільного лазера.
19. Принцип дії і будова газового лазера.
20. Будова волоконного лазера.
21. Взаємодія лазерного випромінювання з речовиною.
22. Типи лазерів в залежності від активної речовини.
23. Лазерне різання.
24. Променеві методи розкрою. Порівняльна характеристика.
25. Технологічні характеристики лазерної розмірної обробки матеріалів.
26. Основні технологічні закономірності процесу обробки отворів
27. Лазерне зміцнення.
28. Лазерне наплавлення.
29. Лазерне обладнання. Основні вузли.
30. Дати порівняльну характеристику лазерам різних типів.
31. Процеси адгезії і когезії в поверхневому шарі матеріалів підкладки і покриття.
32. Класифікація покриттів за характером розташування на поверхні.
33. Класифікація за методами нанесення покриттів
34. Класифікація методів отримання покриттів, заснована на відмінностях агрегатного та фізичного стану речовини, що наноситься.

35. Методи нанесення функціональних покриттів
36. Отримання покриттів з парогазової фази
37. Отримання покриттів з розплавів і напіврозплавів. Крапельне напилення.
38. Наплавлення на металеві вироби сплавів інших металів
39. Отримання покриттів з твердих речовин і їх аеросумішей.
40. Нанесення твердо-рідких речовин з наступною термообробкою.

8.2. Приклади тестових питань модульної роботи

1. Променеві процеси – це:
 - А). процеси обробки матеріалів, засновані на явищі корозії
 - Б). процеси розмірного видалення матеріалу плавленням і випаруванням його із зони обробки під дією енергії променевих потоків або високоенергетичних струменів
 - В). процеси анодного розчинення матеріалу
 - Г). процеси розмірного видалення матеріалу за рахунок ультразвукових хвиль
2. До променевих методів обробки не відносять:
 - А). лазерну
 - Б). анодно-механічну
 - В). електронно-променеву
 - Г). плазмовим струменем
3. Лазерну обробку недоцільно використовувати для:
 - А). локальної зміни властивостей матеріалу
 - Б). отримання порожнин штампів
 - В). отримання мікроотворів
 - г). контурно-променевої мікрообробки
4. Процесом накачки робочого тіла називається процес:
 - а). опромінення робочого тіла світлом потужної газорозрядної лампи
 - б). заміщення атомів поверхневого шару робочого тіла
 - в). зміцнення поверхневого шару робочого тіла
 - г). заповнення порожнини робочого тіла
5. У газових ОКГ для збудження часток використовують:
 - а). повітряну накачку
 - б). електричний розряд
 - в). оптичну накачку
 - г). ультразвук
6. До переваг лазерної обробки не відносять:
 - а). порівняну нескладність обладнання
 - б). можливість проведення обробки в місцях, недосяжних для іншого інструмента

- в). здатність променя ОКГ проходити через будь-яке прозоре середовище, не порушуючи його і значно не знижуючи свою інтенсивність
7. Для розмірної обробки фотонним променем використовують установки з ОКГ:
- а). повітряні і рідинні
 - б). на твердому тілі і газіві
 - в). на твердому тілі і рідинні
 - г). на твердому тілі і повітряні
8. У якості робочого тіла у ОКГ на твердому тілі не використовується:
- а). п'єзокераміка
 - б). синтетичний рубін
 - в). неодимове скло
 - г). ітрій-алюмінієвий гранат
9. Які існують види газових ОКГ:
- а). імпульсні і лампові
 - б). прокачні і відпаяні
 - в). прямої і непрямої дії
 - г). інфразвукової і безперервної дії
10. Електронно-променева обробка ґрунтується на:
- а). використанні кінетичної енергії електронів, що рухаються хаотично
 - б). використанні кінетичної енергії електронів, що рухаються з високою швидкістю
 - в). енергії удару абразивної суспензії по поверхні оброблюваної деталі
 - г). енергії швидкоплинних хімічних реакцій
11. Основні технологічні операції електронно-променевої обробки:
- а). Зварювання, різання, перфорація, легування, нанесення покриттів
 - б). Зварювання, різання, волочіння, легування, напилювання
 - в). Зварювання, різання, перфорація, легування, напилювання, гідро-абразивна вакуумна обробка
 - г). Наплавлення, напилювання, хіміко-термічна обробка, легування
12. Електронно-променеву обробку не використовують для:
- а). виготовлення отворів мікронних розмірів з великим відношенням глибини до діаметра
 - б). виготовлення фасонних щілин і пазів у важкооброблюваних матеріалах
 - в). виготовлення алмазних волок
 - г). для фінішної обробки поверхонь
13. До переваг електронно-променевої обробки перед іншими методами променевої обробки не відноситься:
- а). електронний промінь безінерційний
 - б). низька вартість обладнання

в). проведення обробки у вакуумі

г). електронний промінь можна легко фокусувати, модулювати за потужністю

14. Обладнання для електронно-променевої обробки не містить:

а). електронну гармату

б). електрод-інструмент

в). вакуумну камеру з вакуумною системою

г). джерело живлення з апаратурою керування процесом

15. Плазмовою обробкою називається технологічний процес, при якому для видалення потік матеріалу використовують:

а). рідини під високим тиском

б). струмінь іонізованого газу

в). струмінь направленої руху електронів

г). ударну дію абразивних часток

16. При плазмовій обробці плазма утворюється при нагріванні будь-якого робочого газу в умовах:

а). дугового розряду

б). тліючого розряду

в). іскрового розряду

г). короткого замикання

17. Якого виду обробки плазмовим струменем не існує:

а). для обробки фасонних порожнин

б). для попереднього нагрівання заготовки при обробці різанням

в). для зняття поверхневих шарів матеріалу з циліндричних

г). заготовок на токарному верстаті

для обробки отворів, щілин і пазів малих розмірів

18. До переваг розмірної плазмової обробки матеріалів не відноситься:

а). можливість розрізати металеві заготовки товщиною більше, ніж 100 мм

б). висока продуктивність процесу

в). можливість механізації та автоматизації процесу

19. Пристрій, у якому утворюється струмінь плазми, що використовується для обробки матеріалів -

а). генератор

б). газовий пальник

в). плазмотрон

г). хвилевід

20. У якості електродів для плазмотронів не використовують:

а). графіт

б). швидкорізальні сталі

в). мідь

г). вольфрам

21. Що таке плазма?

а). деіонізований газ, розігрітий до надвисокої температури

б). іонізований газ, розігрітий до надвисокої температури

в). газ, рідина або тверде тіло розігріті до надвисокої температури

22. Які основні характеристики плазми?

а). Струм, напруга, температура, провідність

б). Степінь іонізації, квазінейтральність, температура, ентальпія

в). Степінь деіонізації, нейтральність, температура, ентальпія

г). Струм, напруга, температура, ентальпія

23. Електронно-променеве полірування полягає в

а). згладжуванні мікрорел'єфу зрізанням поверхневого шару

б). згладжуванні мікрорел'єфу оплавленням поверхневого шару

в). згладжуванні мікрорел'єфу випаровуванням поверхневого шару

24. У чому основні переваги електронно-променевого зварювання?

а). Мала зона термічного впливу, кинджальне проплавлення, суттєве знеміцнення загартованих деталей

б). Мала зона термічного впливу, кинджальне проплавлення, дуже мала зона знеміцнення загартованих деталей

в). Велика зона термічного впливу, кинджальне проплавлення, вакуум

25. Метод катодного розпилювання ґрунтується на:

а). використанні катодного осадження в електроліті

б). використанні плазми тліючого розряду в атмосфері повітря

в). використанні плазми іскрового розряду в вакуумі

г). використанні плазми тліючого розряду в вакуумі

26. У чому сутність плазмового різання металу?

а). У високошвидкісному проходженні через сопло плазмотрону потоку газу і абразиву, який виступає провідником електричного струму між плазмотроном і матеріалом, що розрізається. Газовий потік з абразивом розрізає і видаляє метал із зони різання

б). У високошвидкісному проходженні через сопло плазмотрону потоку іонізованого газу - плазми, яка виступає провідником електричного струму між плазмотроном і матеріалом, що розрізається. Потік плазми нагріває, розплавляє і видуває розплав із зони різання

в). У високошвидкісному проходженні через сопло плазмотрону потоку електронів в вакуумі - який виступає провідником електричного струму між плазмотроном і

матеріалом, що розрізається. Потік електронів нагріває, розплавляє і видуває розплав із зони різання

27. Плазмове різання використовується для:

- а). сталей і кольорових (крім мідних сплавів) сплавів
- б). чорних і кольорових сплавів. Також можна розрізати неметалеві матеріали
- в). струмопровідних матеріалів: чорних і кольорових сплавів

28. Для термічного розділення за допомогою лазерного променя використовують

- а). плазмове, електронно-променево, газове
- б). сублімаційне різання, різання плавленням та газове
- в). сублімаційне різання, гаряче, холодне, різання плавленням та газове
- г). повітряне та вакуумне

29. Лазерне сублімаційне різання застосовується для

- а). тільки високолегованих сталей та кольорових металів
- б). металів, деревини, паперу, кераміки, пластмаси
- в). тільки деревини, паперу, кераміки, пластмаси тощо

30. Найбільша інтенсивність лазерного випромінювання необхідна для

- а). інтенсивного різання
- б). сублімаційного різання
- в). різання плавленням
- г). газового різання
- д). повітряного різання

Робочу програму освітнього компоненту (силабус):

Складено: к.ф.-м.н., доцент Ключников Юрій Валентинович

Ухвалено: кафедрою ЛТФТТ (протокол № 4 від 11.11.2021 р.)

Ухвалено кафедрою КМ (протокол № 6 від 15.12. 2021 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 5 від 17.12.2021 р.)