Математичне моделювання об'єктів та систем (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	*Вибіркова*
Форма навчання	*денна/змішана*
Рік підготовки, семестр	*IV курс / весняний семестр*
Обсяг дисципліни	*120 год/4,0 кредитів ЄКТС: (36 годин лекцій, 18 годин практичних занять, 9 годин лабораторних занять, СРС – 57 годин)*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	*залік/МКР/РГР*
Розклад занять	*згідно www.rozklad.kpi.ua*
Мова викладання	*Українська*
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: *доцент, Анякін Микола Іванович anyakin@ukr,net*
Розміщення курсу	https://classroom.google.com/c/MjYyNzIxMTUyMjgx?cjc=hoxuamf

Програма навчальної дисципліни

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

Навчальна дисципліна “ Математичне моделювання об'єктів та систем” подовжує загальну технологічну підготовку фахівців з урахуванням специфіки моделювання лазерних технологічних процесів та елементів технологічного устаткування. Необхідність володіння сучасними методами моделювання лазерних технологічних процесів пов’язане зі стрімким розвитком лазерної технології, зокрема технології швидкого виготовлення деталей методами селективного спікання та направленого плавлення. Можливість застосування одного випромінювача технологічного лазера для реалізації зовсім різних технологічних процесів вимагає від фахівців володіння сучасними методами моделювання та дослідження

технології, моделюванню найвідповідальніших елементів конструкцій лазерного технологічного устаткування для їх наступної оптимізації.

Мета курсу: є надання студентам можливості оволодіння сучасними методами моделювання лазерних технологічних процесів та елементів конструкцій лазерного технологічного устаткування.

.

Предмет курсу: є моделювання лазерних технологічних процесів та елементів устаткування для їх дослідження та наступної оптимізації.

Навіщо це потрібно студенту?

Дисципліна «**Математичне моделювання об'єктів та систем**» є одним з основних, що формують навички проектно-конструкторської діяльності майбутнього інженера-технолога в області зварювання та споріднених технологій, що є важливим умінням для здійснення професійної діяльності.

Вивчення навчальної дисципліни передбачає підсилення та розвиток у студентів компетентностей, передбачених ОПП «Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

Загальні компетенції:

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу

ЗК12. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК13. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

Фахові компетентності:

ФК1. Здатність аналізу матеріалів, конструкцій та процесів на основі законів, теорій та методів математики, природничих наук і прикладної механіки.

ФК7. Здатність застосовувати комп'ютеризовані системи проєктування (CAD), виробництва (CAM), інженерних досліджень (CAE) та спеціалізоване прикладне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань з прикладної механіки.

ФК14. Здатність використовувати знання в галузі фізико-хімічних, термодеформаційних та металургійних процесів для обґрунтованого призначення способів і технологічних параметрів зварювання і споріднених процесів.

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

РН1. Вибирати та застосовувати для розв'язання задач прикладної механіки придатні математичні методи.

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

РН24. Розробляти технологічні процеси та операції лазерних та фізико-технічних технологій з використанням їх переваг та особливостей.

РН25. Розраховувати режими електроіскрової, дугової, плазмової, електронно-променевої та лазерної обробки і визначати оптимальні технологічні, енергетичні, оптичні та газодинамічні параметри лазерних та фізико-технічних процесів

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

Навчальна дисципліна є вибірковою компонентою освітньої програми «Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій» і належить до циклу професійної підготовки. Для вивчення даного кредитного модуля необхідне успішне засвоєння навчального матеріалу, з таких дисциплін і кредитних модулів, як “Вища атематика”, «Деталі машин і основи конструювання», «Матеріалознавство».

Знання, які одержано під час вивчення освітнього компоненту, використовуються при проходженні переддипломної практики та при виконанні дипломного проектування.

.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Ділення лазерних технологічних процесів
Розділ 2. Ділення та вибір технологічних факторів для моделювання лазерних технологічних процесів та елементів технологічної оснастки
Розділ 3. Відгуки при моделюванні лазерних технологічних процесів
Розділ 4. Експериментальне моделювання лазерних технологічних процесів
Розділ 5. Моделювання процесів за допомогою розрахункових експериментів

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова

1. Комп’ютерне моделювання процесів і систем. Методи оптимізації [Електронний ресурс] : підруч. для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології», освітньо-проф. прогр. «Комп’ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні» / С. П. Вислоух, О. В. Волошко, Г. С. Тимчик, М. В. Філіппова ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 115.44 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 267 с
2. Василенко, Д. О. Математичні методи оптимізації. Практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Інформаційна та комунікаційна радіоінженерія» за спеціальністю 172 «Електронні комунікації та радіотехніка» / Д. О. Василенко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 977,2 КБ). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 38 с.
3. Лазерні технології. Конспект лекцій [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Комп’ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні» спеціальності 151 Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. Г. С. Тимчик. – Електронні текстові дані (1 файл 6,22 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 276 с.

Додаткова

4. Mark French, Fundamentals of Optimization, Text book, Springer, 2018 – 249 p.
5. Котляров В.П. Технологія лазерної розмірної обробки. Навчальний наочний посібник. Київ: НТУУ «КПІ», - 2014. – 195 с.

6. Попов Ю.Д., Тюптя В.І., Шевченко В.І. Методи оптимізації. Навчальний електронний посібник для студентів спеціальностей “Прикладна математика”, “Інформатика”, “Соціальна інформатика”. − Київ: Електронне видання. Ел. бібліотека факультету кібернетики Київського національного університету імені Тараса Шевченка, 2003.−215 с
7. John Michael Dowden The Mathematics of Thermal Modeling. An Introduction to the Theory of Laser Material Processing. © 2001 by Chapman & Hall/CRC. 291p.
8. Elijah Kannatey-Asibu, Jr PRINCIPLES OF LASER MATERIALS PROCESSING. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 838p.
9. Pinkerton AJ (2015) Advances in the modeling of laser direct metal deposition. J. Laser Appl 27:S15001
10. Formation Mechanism of Porosity in Hight Power YAG Laser Welding /Seiji Katayama, Naoky Seto, Masami Mizutani, Akira Matsunawa //“Proceedings of International Congress “ICALEO’2000”,Dearborn, USA, Oct. 2000 , LIA. – 2000.- P.C16-C25
11. Kotlyarov V.P., Kiyaschenco O.M. Simplified Methodology for the Design of Technological providing for Operations of Laser Treatment. Surface Engineering and Applied Electrochemistry, 2019, Vol. 55, No. 6, pp. 692 - 717. © Allerton Press, Inc., 2019.
12. Котляров В.П., Шкляр С.Г. Систематизація технологічних засад прецизійної лазерної обробки. Вісник НТУУ «КПІ» серія «Mechanics and Advanced Technologies» - 2019. - №2 (83) С. 61 – 76.
13. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» при їх спеціалізації «Лазерна техніка та комп’ютеризовані процеси фізико-технічної обробки матеріалів»». К: НТУУ «КПІ імені І. Сікорського», - 22 с.; гриф ММІ, протокол Н.-М. Ради ММІ №11 від 26.06.2017 р.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

В межах вивчення кредитного модуля впродовж семестру заплановано проведення лекційних та практичних та занять.

Під час вивчення матеріалу застосовуються такі основні методи колективного та індивідуального активного навчання: проблемно-пошуковий, пояснювально-ілюстративний, репродуктивний, інтерактивний, практичний та дослідницький під час проведення лекційних та практичних занять, а також метод самостійної роботи. Означені методи використовуються в контексті застосування таких навчальних технологій:

1) особистісно-орієнтовані технології, засновані на активних формах і методах навчання: колективні дискусії, інтерактивне спілкування тощо.

2)інформаційно-комунікаційні технології, що забезпечують проблемно-дослідницький характер процесу навчання та активізацію самостійної роботи студентів, доповнення традиційних навчальних занять засобами взаємодії на основі мережевих комунікаційних можливостей (онлайн-лекції, онлайн-практики під час змішаного або дистанційного навчання).

Навчальний матеріал освітнього компоненту викладається на заняттях згідно табл. 1.

Таблиця 1. Структура викладання освітнього компоненту

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні	Лабор. роб.	СРС
Тема 1. Види лазерних технологічних процесів	11	2	2	2	6
Тема 2. Аналіз та вибір технологічних факторів для моделювання лазерних технологічних процесів та елементів технологічної оснастки	16	2	4	2	8
Тема 3. Відгуки при моделюванні лазерних технологічних процесів	24	10	4	2	8
Тема 4. Експериментальне моделювання лазерних технологічних процесів Багатомірні методи пошуку екстремуму	24	10	4	2	8
Тема 5. Моделювання процесів за допомогою розрахункових експериментів	24	10	4		10
Разом	99	34	18	8	39
МКР	3			1	*2*
РГР	10				*10*
Залік	8	2			*6*
Всього годин	120	36	18	9	57

5.1 Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, завдання на СРС з посиланням на літературу)
1	Вступ. Мета та задачі освітнього компоненту. Залежність результату лазерної обробки від густини потужності сфокусованого лазерного випромінювання та часу його дії. Моделі, які використовуються при описі взаємодії лазерного випромінювання з матеріалами Література: [1],[2], Завдання на СРС: Визначити можливість використання фізичних моделей процесу лазерної обробки матеріалів (ЛОМ) для моделювання процесів розмірної обробки, зміцнення, наплавлення та зварювання. Чи можливо врахувати всі нелінійності процесу при його моделюванні. Що змінилось в моделях процесу ЛОМ при появі комерційних лазерних систем з надкороткими імпульсами Література: додаткова [15]

2.	Ділення та вибір технологічних факторів для моделювання лазерних технологічних процесів та елементів технологічної оснастки, які безпосередньо визначаються випромінювачами та технологічною оснасткою, їх опис при моделюванні процесу . Література: базова - [1], [2], [6], Завдання на СРС: Навести параметри лазерного випромінювання, які визначаються властивостями випромінювачів та параметри, які визначаються технологічною оснасткою. Яким чином можливо керувати розподілом густини потужності та розподілом густини енергії сфокусованого лазерного випромінювання Література: базова [3]
3.	Розрахунок енергетичних параметрів випромінювання та керування параметрами випромінювання, яке передається по оптичному волокну Визначення параметрів окремих лазерних імпульсів, їх вплив на результат обробки. Зміна параметрів каустики в системі оптичне волокно – лінза яка колімує – лінза яка фокусує. Література: базова - [1], [2] [6] Завдання на СРС: Навести розрахунок потужності окремого імпульсу лазерного випромінювання для середньої потужності випромінювання 20Вт та частоти слідування імпульсів 1-50кГц, протяжність імпульсу у часі 200-500нс, частоти 1МГц, протяжність у часі 100пс. Побудувати (в рамках геометричної оптики) хід променів в системі оптичне волокно діаметром 50-600мкм з числовою апертурою 0.1-0.2 та лінзами з фокусними відстанями лінз, які колімують 50-100мм, які фокусують 100-300мм. Література: додаткова [1]
4	Відгуки при моделюванні лазерних технологічних процесів Визначення відгуків які можливо визначити при проведенні експериментальних досліджень та за допомогою проведення розрахункових експериментів Література: базова - [1], [3] Завдання на СРС: Навести відгуки, які можливо визначити при проведенні експериментальних досліджень та за допомогою проведення розрахункових експериментів. Показати схему впливу на положення перетину каустичної поверхні при фокусуванні випромінювання, яке вийшло з оптичного волокна. Література: додаткова [1]
5	Експериментальне моделювання лазерних технологічних процесів Загальна методика проведення експериментів та обробка результатів. Статистична обробка результатів експериментів. Розрахунок коефіцієнтів рівнянь регресії. Дослідження отриманих моделей в одно та багато параметричній схемі. Використання канонічного перетворення моделей. Література: базова - [1], [2], [3] Завдання на СРС: Провести статистичну обробку результатів проведених експериментів лазерного різання кремнію, різання композиційного матеріалу алюміній-бор, лазерного наплавлення та розрахувати коефіцієнти рівняння регресії. Провести однопараметричне дослідження процесу та багатопараметричне дослідження.(визначити типи поверхонь відгуку) Література: додаткова [18]

6	Моделювання процесів за допомогою розрахункових експериментів. Апроксимація похідних методом скінчених різниць та скінчених елементів. Явна та неявна схема апроксимації похідних методу скінчених різниць. Література: базова – [1], [2], [3] Завдання на СРС: Яка головна різниця схем апроксимації похідних. Провести розрахунок теплових історій зони термічного впливу, при їх опроміненні сфокусованим лазерним випромінюванням з «прямокутним» та Гауссовим розподілом інтенсивності потоку. Література: базова [7]
7	Врахування залежностей теплофізичних, оптичних властивостей матеріалу, який обробляється від температури. Врахування фазових перетворень при моделюванні Представлення залежностей теплофізичних та оптичних властивостей матеріалу, який обробляється у вигляді сплайнів. Опис фазових перетворень за допомогою неявної схеми їх виділення з використанням діаграми Fe-C. Завдання на СРС: Представлення залежностей теплофізичних та оптичних властивостей матеріалу сталей У8, 65Г, 12Х13, Si, B вигляді сплайнів. Опис фазових перетворень за допомогою неявної схеми їх виділення. Література: базова [3]
8	Моделювання технологічних процесів поверхневої обробки. Типові задачі моделювання технологічних процесів лазерної поверхневої обробки: зміцнення, відпал, імплантація іонів та інш. Лазерна ударна обробка (Laser Shock Peening- (LSP))/ Побудова полей температур, визначення швидкостей нагрів-охолодження. Перевірка адекватності розрахунків. Література: базова – [1], стор. 43-50; [2], Пр. 3, сл. № 21-25 Завдання на СРС: Побудова полей температур, визначення швидкостей нагрів-охолодження та швидкості руху ізотерм (границь структурних та фазових перетворень). Перевірка адекватності розрахунків Література додаткова [5]
9	Взаємодія лазерного випромінювання з порошковими матеріалами. Використання геометричної оптики для визначення джерела нагріву при взаємодії сфокусованого лазерного випромінювання з порошковими матеріалами. Експериментальне визначення коефіцієнту віддзеркалення випромінювання порошкового матеріалу та визначення його залежності від температури Література: базова – [1], [2], [3] Завдання на СРС: Порівняльні розрахунки лазерного нагріву «суцільних» та порошкових матеріалів (товщина 5мм) та їх комбінацій. Товщина порошкового шару 10мкм - 50мкм, товщина підкладинки -5мм. Література додаткова [19]

10	Моделювання технологічного процесу надшвидкого виготовлення методом селективного лазерного спікання (SLM) Використання рівнянь адитивності для узагальнення теплофізичних та оптичних властивостей порошкових матеріалів. Додаткове сканування лазерного випромінювання. Різниця між поверхневим та об'ємним джерелом нагрівання. Утворення «кульок» при реалізації процесу селективного лазерного спікання. Література: базова – [1], [2], [3-9] Завдання на СРС: Проведення розрахунків для «суцільних» та порошкових матеріалів та їх комбінацій. Що зміниться в зонах плавлення при скануванні лазерного випромінювання? Література додаткова [14]
11	Моделювання лазерного різання та зварювання. Гібридні технології. Системи рівнянь, які описують процес лазерного різання, зварювання та гібридні технології. Лазерне гідрорізання. Відкриті пакети програм для моделювання процесу. Результати, які можна отримати в результаті моделювання Література: базова – [1], [2], [3-9] Завдання на СРС: Моделювання процесу формування рідинного світловоду (діаметр 30мкм, 50мкм та 100мкм). Визначення швидкості руху розплаву в рідкій ванні. Література додаткова [3]
12	Моделювання лазерного наплавлення та надшвидкого виготовлення методом направленого лазерного плавлення (Direct Laser Melting (DLM)). Моделювання потоків газопорошкової суміші Системи рівнянь, які описують процес DLM. Що вдається встановити в результаті моделювання процесу DLM. Визначення параметрів газопорошкової суміші (ГПС) Література базова – [1], [2], [3-9] Завдання СРС:. Створити моделі систем подачі ГПС в зону дії сфокусованого лазерного випромінювання. Створення сіток сіток простору інтегрування. Література додаткова [3]
13	Обробка надкороткими лазерними імпульсами Причина застосування для опису процесу обробки матеріалів надкороткими імпульсами рівнянь молекулярної динаміки. Результати моделювання. Типові технологічні процеси. Література: базова – [1], [2], [3-9] Завдання на СРС: Визначити причину зміни кольору поверхні, яка оброблена сфокусованим лазерним випромінюванням з надкороткими лазерними імпульсами. Література додаткова [12], [14]

14	Поводження деталі після лазерної обробки. Стенти та кероване лазерне згинання Алгоритми створення сіток скінчених елементів ендопротезів. Результати розрахунків Література: базова – [1], [2], [3-9] Завдання на СРС: Створити СКМ для стенту конструкції Palmas-Shults діаметром 2, 3, 4 та 5мм з шириною нитки 0.1мм. системи рівнянь, які описують напруги в зоні дії сфокусованого лазерного випромінювання Література додаткова [12], [14]
15	Моделювання лазерного наплавлення та надшвидкого виготовлення методом направленого лазерного плавлення (Direct Laser Melting (DLM)). Моделювання потоків газопорошкової суміші Системи рівнянь, які описують процес DLM. Що вдається встановити в результаті моделювання процесу DLM. Визначення параметрів газопорошкової суміші (ГПС) Література базова – [1], [2], [3-9] Завдання СРС:. Створити моделі систем подачі ГПС в зону дії сфокусованого лазерного випромінювання. Створення сіток сіток простору інтегрування. Література додаткова [3]
16	Обробка надкороткими лазерними імпульсами Причина застосування для опису процесу обробки матеріалів надкороткими імпульсами рівнянь молекулярної динаміки. Результати моделювання. Типові технологічні процеси. Література: базова – [1], [2], [3-9] Завдання на СРС: Визначити причину зміни кольору поверхні, яка оброблена сфокусованим лазерним випромінюванням з надкороткими лазерними імпульсами. Література додаткова [12], [14]
17	Поводження деталі після лазерної обробки. Стенти та кероване лазерне згинання Алгоритми створення сіток скінчених елементів ендопротезів. Результати розрахунків Література: базова – [1], [2], [3-9] Завдання на СРС: Створити СКМ для стенту конструкції Palmas-Shults діаметром 2, 3, 4 та 5мм з шириною нитки 0.1мм. системи рівнянь, які описують напруги в зоні дії сфокусованого лазерного випромінювання Література додаткова [12], [14] Алгоритми створення сіток скінчених елементів компонентів лазерного технологічного обладнання. Результати розрахунків Література: базова – [1], [2], [3-9] Завдання на СРС: Створити СКМ для сопла з діаметром вихідного отвору 2, 3, 4 та 5мм з рівнянь, які описують напруги в зоні дії сфокусованого лазерного випромінювання Література додаткова [12], [14]
18	Залікова контрольна робота

5.2 Лабораторні заняття

№ з/п	Назва теми заняття
1	Моделювання ТП лазерного скрайбування напівпровідників методами ПФЕ.
2	Моделювання ТП лазерного скрайбування керамічних матеріалів методами ПФЕ.
3	Моделювання ТП лазерного мікрорізання методами ПФЕ..
4	Моделювання ТП лазерного зміцнення та легування (наплавлення) ПФЕ.
	МКР

5.3 Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття
1	Моделювання ТП лазерного скрайбування напівпровідників методами ПФЕ.
2	Моделювання ТП лазерного скрайбування керамічних матеріалів методами ПФЕ.
3	Моделювання ТП лазерного мікрорізання методами ПФЕ..
4	Моделювання ТП лазерного зміцнення та легування (наплавлення) ПФЕ.
5	Моделювання ТП лазерного нагріву деталі з нерухомим джерелом лазерного випромінювання – двовимірний випадок
6	Моделювання ТП лазерного нагріву деталі з рухомим джерелом лазерного випромінювання – двовимірний випадок
7	Моделювання ТП лазерного нагріву деталі з нерухомим джерелом лазерного випромінювання – тривимірний випадок
8	Моделювання ТП лазерного нагріву деталі з рухомим джерелом лазерного випромінювання – тривимірний випадок
9	Моделювання ТП лазерного нагріву деталі з рухомим джерелом лазерного випромінювання та додатковим скануванням по поверхні заготовки

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота (57 год) студента полягає у підготовці до лекційних (15 год.), практичних (15 год.) і лабораторних занять (9 год.) шляхом опрацювання рекомендованої літератури, виконання розрахунково-графічної роботи (10 год), підготовці до модульних контрольних робіт (2 год), підготовці відповідей на контрольні запитання для лекцій і лабораторних занять, а також у підготовці до заліку (6 год.). Тематику індивідуальних завдань наведено у таблиці.

№ з/п	Назви тем і питань, що виноситься на самостійне опрацювання та посилання на навчальну літературу

1	*Тема 1.1. Залежність результату лазерної обробки від густини потужності сфокусованого лазерного випромінювання та часу його дії. Моделі, які використовуються при описі взаємодії лазерного випромінювання з матеріалами* Визначити можливість використання фізичних моделей процесу лазерної обробки матеріалів (ЛОМ) для моделювання процесів розмірної обробки, зміцнення, наплавлення та зварювання. Чи можливо врахувати всі нелінійності процесу при його моделюванні. Що змінилось в моделях процесу ЛОМ при появі комерційних лазерних систем з надкороткими імпульсами - можливості створення комбінованого або гібридного інструментів на базі лазерного променя та більш дешевих засобів (енергетичних полів, газових струменів, потоків, тощо) Література: додаткова – [2], [3]
2	*Тема 2.1. Ділення та вибір технологічних факторів для моделювання лазерних технологічних процесів та елементів технологічної оснастки, які безпосередньо визначаються випромінювачами та технологічною оснасткою, їх опис при моделюванні процесу .* Навести параметри лазерного випромінювання, які визначаються властивостями випромінювачів та параметри, які визначаються технологічною оснасткою. Яким чином можливо керувати розподілом густини потужності та розподілом густини енергії сфокусованого лазерного випромінювання *Література: базова [3]*
3	Тема 3.1. Розрахунок енергетичних параметрів випромінювання та керування параметрами випромінювання, яке передається по оптичному волокну Завдання на СРС: Навести розрахунок потужності окремого імпульсу лазерного випромінювання для середньої потужності випромінювання 20Вт та частоти слідування імпульсів 1-50кГц, протяжність імпульсу у часі 200-500нс, частоти 1МГц, протяжність у часі 100пс. Побудувати (в рамках геометричної оптики) хід променів в системі оптичне волокно діаметром 50-600мкм з числовою апертурою 0.1-0.2 та лінзами з фокусними відстанями лінз, які колімують 50-100мм, які фокусують 100-300мм
4	Тема 4.1. Відгуки при моделюванні лазерних технологічних процесів Навести відгуки, які можливо визначити при проведенні експериментальних досліджень та за допомогою проведення розрахункових експериментів. Показати схему впливу на положення перетину каустичної поверхні при фокусуванні випромінювання, яке вийшло з оптичного волокна.. Література: додаткова [1Література: базова [4], додаткова [7]
5	Тема 5.1. Експериментальне моделювання лазерних технологічних процесів Провести статистичну обробку результатів проведених експериментів лазерного різання кремнію, різання композиційного матеріалу алюміній-бор, лазерного наплавлення та розрахувати коефіцієнти рівняння регресії. Провести однопараметричне дослідження процесу та багатопараметричне дослідження.(визначити типи поверхонь відгуку) Література: додаткова [2]
6	Тема 6.1. Моделювання процесів за допомогою розрахункових експериментів. Яка головна різниця схем апроксимації похідних. Провести розрахунок теплових історій зони термічного впливу, при їх опроміненні сфокусованим

	лазерним випромінюванням з «прямокутним» та Гауссовим розподілом інтенсивності потоку. Література: базова [7]
7	Тема 6.2 Врахування залежностей теплофізичних, оптичних властивостей матеріалу, який обробляється від температури. Врахування фазових перетворень при моделюванні Представлення залежностей теплофізичних та оптичних властивостей матеріалу сталей У8, 65Г, 12Х13, Si, В вигляді сплайнів. Опис фазових перетворень за допомогою неявної схеми їх виділення
8	Тема 6.3. Моделювання технологічних процесів поверхневої обробки. Побудова полів температур, визначення швидкостей нагрів-охолодження та швидкості руху ізотерм (границь структурних та фазових перетворень). Перевірка адекватності розрахунків
9	Тема 6.4. Взаємодія лазерного випромінювання з порошковими матеріалами. Порівняльні розрахунки лазерного нагріву «суцільних» та порошкових матеріалів
10	Тема 6.5. Моделювання технологічного процесу надшвидкого виготовлення методом селективного лазерного спікання (Selrctive Laser Melting – (SLM)) Проведення розрахунків для «суцільних» та порошкових матеріалів та їх комбінацій. Що зміниться в зонах плавлення при скануванні лазерного випромінювання
11	Тема 6.6. Моделювання лазерного різання та зварювання. Гібридні технології. Моделювання процесу формування рідинного світловоду (діаметр 20мкм, 50мкм та 100мкм). Визначення швидкості руху розплаву в рідкій ванні. Література додаткова [3]
12	Тема 6.7. Моделювання лазерного наплавлення та надшвидкого виготовлення методом направленого лазерного плавлення (Direct Laser Melting (DLM)). Моделювання потоків газопорошкової суміші Створити моделі систем подачі ГПС в зону дії сфокусованого лазерного випромінювання. Створення сіток сіток простору інтегрування. Проведення розрахунків
13	Тема 6.8. Обробка надкороткими лазерними імпульсами Визначити причину зміни кольору поверхні, яка оброблена сфокусованим лазерним випромінюванням з надкороткими лазерними імпульсами.
14	Тема 6.9. Поводження деталі після лазерної обробки. Стенти та кероване лазерне згинання Створити СКМ для стенту конструкції Palmas-Shults діаметром 2, 3, 4 та 5мм з шириною нитки 0.1мм. системи рівнянь, які описують напруги в зоні дії сфокусованого лазерного випромінювання

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять

Відвідування лекцій, практичних занять, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання семестрового індивідуального завдання.
Для студентів, які беруть на себе відповідальність за організацію і планування свого часу для навчання, є можливість опановувати дисципліну у змішаному режимі: ознайомлення з теоретичним матеріалом лекцій і розв'язування практичних завдань – самостійно, за необхідності проведення консультацій викладачем згідно графіку консультацій і відведеного на них часу, у відповідності до педагогічного навантаження викладача. Лабораторні роботи виконуються у груповому режимі під керівництвом відповідального викладача.
Правила поведінки на заняттях.
Правила поведінки на заняттях регламентуються етичними нормами: всі учасники освітнього процесу в університеті повинні дотримуватись вимог чинного законодавства України, Статуту і Правил внутрішнього розпорядку НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», загальноприйнятих моральних принципів, підтримувати атмосферу доброзичливості, відповідальності, порядності й толерантності, дбайливо ставитися до університетського майна.
Під час аудиторних занять студенти повинні дотримуватись діючих правил охорони праці, безпеки життєдіяльності і правил пожежної безпеки, а в разі навчання за дистанційною формою виконувати вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я під час роботи з екранними пристроями.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів
Студенти зобов'язані дотримуватися термінів виконання усіх видів робіт, передбачених курсом.
Порушення термінів виконання певного виду робіт враховується згідно рейтингової системи оцінювання. **Під час дії воєнного стану штрафні бали не нараховуються.**

Пропущені контрольні заходи:
Якщо контрольні заходи пропущені з поважних причин (хвороба або вагомі життєві обставини), студенту надається можливість додатково скласти контрольне завдання протягом найближчого тижня. В разі порушення термінів виконання завдання з неповажних причин, студент не допускається до складання екзамену в основну сесію.

Політика щодо академічної доброчесності докладно описана у Кодексі Честі КПІ ім. Ігоря Сікорського (https://kpi.ua/code) і передбачає повну відповідальність студента за те, що всі виконані ним завдання відповідають принципам академічної доброчесності.

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

Поточний контроль.
За кожною лекцією студент виконує письмову самостійну роботу - надає відповіді на контрольні питання.

Календарний контроль.
Провадиться двічі на семестр (якщо короткий - один раз), як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль.

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

Рейтингова система оцінювання та критерії нарахування вагових балів:
Рейтинг студента складається з балів, що він отримує за:

1. Виконання 9 практичних робіт.
2. Виконання 4 лабораторних робіт.
3. Виконання МКР.
4. Виконання РГР

Система рейтингових балів та критерії оцінювання:

1. Практичні роботи

Максимальна кількість балів за всі роботи – 18.
а) вірна відповідь/вирішення задачі – 2 бал
б) невірна відповідь/відсутність на занятті – 0 балів

2. Лабораторні роботи

Максимальна кількість балів за всі роботи – 8.
а) повне виконання лабораторної роботи – 2-3 бали
б) неповне виконання лабораторної роботи /відсутність на занятті – 0-1 бали

3. МКР

Максимальна кількість балів за МКР – 36.
а) повна відповідь, вільне володіння матеріалом – 27-36 балів
б) задовільна відповідь – 18-26 балів
в) неповна відповідь – 9-17 балів
г) незадовільна відповідь – 0-8 балів

4. РГР

Максимальна кількість балів – 38.
Правильне рішення всіх завдань – 30-38 балів
Частково правильне 18-29 балів
Зі значними похибками 4-17 балів
Невірні/відсутні рішення 0-3 бали

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає: RC=18+8+36+38=100 балів

Рейтингова шкала з дисципліни складає: 100 балів

Необхідною умовою допуску до заліку є зарахування всіх практичних та лабораторних робіт, виконання МКР та РГР. У випадку, якщо сума балів дорівнює або перевищує 60 балів, оцінка може бути зарахована в якості залікової. Студенти, які не добрали балів до залікової оцінки, складають додаткове теоретичне опитування за матеріалами дисципліни.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка

95…100	відмінно
85…94	дуже добре
75…84	добре
65…74	задовільно
60…64	достатньо
або не виконані інші умови допуску до заліку	не допущений

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):
Складено старшим викладачем Жуком Русланом Олеговичем
доцентом Анякіним Миколою Івановичем
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)