



Основи розрахунку та конструювання вузлів лазерного технологічного обладнання

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	131 Прикладна механіка
Освітня програма	Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій
Статус дисципліни	вибіркова
Форма навчання	очна (денна) / змішана
Рік підготовки, семестр	IV курс, 7 семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити ЄКТС (120 годин); лекції – 36 годин; лабораторні заняття – 18 годин; самостійна робота студента – 66 годин
Семестровий контроль контрольні заходи	залік модульна контрольна робота розрахунково-графічна робота
Розклад занять	лекційні та лабораторні заняття https://kpi.ua/web_rozklad , http://roz.kpi.ua/
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: старший викладач Дубнюк Віктор Леонідович Лабораторні заняття: старший викладач Дубнюк Віктор Леонідович
Розміщення курсу	Google classroom https://classroom.google.com/u/1/w/NTQ1MzU5MTQzMTgx

1. Програма навчальної дисципліни

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

Навчальна дисципліна «Основи розрахунку та конструювання вузлів лазерного технологічного обладнання» поглиблює конструкторську підготовку здобувачів вищої освіти за освітньою програмою **Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій** та за сертифікатною програмою **Лазерна техніка та комп'ютеризовані процеси фізико-технічної обробки матеріалів**.

Лазерний технологічний комплекс – це складне поєднання механічних, пневматичних, гідравлічних, вакуумних та оптичних систем, для взаємодії яких використовується система автоматичного керування процесом обробки.

Під час вивчення даної дисципліни студенти повинні ознайомитись з тими особливостями лазерного обладнання, які відрізняють його від іншого технологічного обладнання для обробки матеріалів. Розглянуто основні поняття та положення проєктування та виготовлення деталей та вузлів, які є специфічними саме для цього обладнання. Вивчаються різноманітні типи приводів та їх розрахунок; розрахунок та конструювання вузлів закріплення оптичних деталей; методи юстирування оптичних деталей та конструювання відповідних вузлів; деякі типи та розрахунок механічних передач, які не розглядались в попередніх дисциплінах, та інші спеціальні та специфічні елементи лазерного технологічного обладнання.

1.1.1. Мета навчальної дисципліни

Метою навчальної дисципліни є поглиблення у студентів здатностей (компетентностей):

- визначення основних параметрів конструкторської підготовки виготовлення деталей та вузлів технологічного обладнання та устаткування;
- проєктування різних типів електромеханічних приводів робочих органів лазерних технологічних комплексів;
- розрахунок та конструювання механічних вузлів лазерного технологічного обладнання для забезпечення високих експлуатаційних характеристик, точності та надійності;
- проєктування технологічного оснащення для операцій лазерної обробки, зокрема оптичних систем концентрації проміння;
- розрахунок та конструювання оптичних вузлів та елементів закріплення оптичних деталей у металевих оправах;
- вибір оптимальної принципової схеми та розробка систем юстирування оптичних вузлів.

1.1.2. Основні завдання навчальної дисципліни

Після засвоєння навчальної дисципліни здобувач вищої освіти має поглибити наступні **КОМПЕТЕНТНОСТІ** згідно з вимогами освітньо-професійної програми підготовки (https://osvita.kpi.ua/sites/default/files/opfiles/131_OPPB_IZLST_2022.pdf):

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 5. Здатність використовувати аналітичні та чисельні математичні методи для вирішення задач прикладної механіки, зокрема здійснювати розрахунки на міцність, витривалість, стійкість, довговічність, жорсткість в процесі статичного та динамічного навантаження з метою оцінки надійності деталей і конструкцій машин.

ФК 7. Здатність застосовувати комп'ютеризовані системи проектування (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 17. Здатність впроваджувати та освоювати технологічні процеси виробництва нової продукції, перевіряти якість монтажу та налагодження при випробуваннях і здачі в експлуатацію нових зразків виробів, вузлів, деталей і конструкцій.

Після вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти має продемонструвати такі **РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ** згідно з вимогами освітньо-професійної програми підготовки:

РН 1. Вибирати та застосовувати для розв'язання задач прикладної механіки придатні математичні методи.

РН 4. Оцінювати надійність деталей і конструкцій машин в процесі статичного та динамічного навантаження.

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

РН 6. Створювати і теоретично обґрунтовувати конструкції машин, механізмів та їх елементів на основі методів прикладної механіки, загальних принципів конструювання, теорії взаємозамінності, стандартних методик розрахунку деталей машин.

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

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

Знання:

- основних параметрів конструкторської підготовки виготовлення деталей та вузлів технологічного обладнання та устаткування;
- загальних характеристик та області застосування різних типів електромеханічних приводів робочих органів лазерних технологічних комплексів;
- принципів розрахунку та конструювання механічних вузлів лазерного технологічного обладнання для забезпечення високих експлуатаційних характеристик, точності та надійності;

- етапів проектування технологічного оснащення для операцій лазерної обробки, зокрема оптичних систем концентрації проміння;
- принципів розрахунку та конструювання оптичних вузлів та елементів закріплення оптичних деталей у металевих оправах;
- принципових схем та етапів розробки систем юстирування оптичних вузлів.

Уміння:

- визначати основні параметри конструкторської підготовки виготовлення деталей та вузлів технологічного обладнання та устаткування;
- проектувати різні типи електромеханічних приводів робочих органів лазерних технологічних комплексів;
- розраховувати та конструювати механічні вузли лазерного технологічного обладнання для забезпечення високих експлуатаційних характеристик, точності та надійності;
- проектувати технологічне оснащення для операцій лазерної обробки, зокрема оптичні системи концентрації проміння;
- розраховувати та конструювати оптичні вузли та елементи вузлів закріплення оптичних деталей у металевих оправах;
- обирати оптимальні принципові схеми та розробляти системи юстирування оптичних вузлів.

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

Для успішного засвоєння матеріалу необхідні знання, які студенти набувають під час вивчення попередніх дисциплін «Технологія конструкційних матеріалів», «Матеріалознавство», «Інженерна та комп'ютерна графіка», «Інформатика», «Теоретична механіка», «Деталі машин», «Електротехніка та електроніка», «Механіка рідини і газу», «Механіка матеріалів і конструкцій».

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

1.3. Зміст навчальної дисципліни

Вступ

Визначення відмінностей лазерного технологічного обладнання (ЛТО) від іншого обладнання для обробки матеріалів.

Переваги використання комп'ютерної техніки для підвищення продуктивності праці конструктора, оптимізації конструкції виробів та автоматизації процесу проектування машин.

1. Конструкторська підготовка виробництва деталей та вузлів

Основні поняття і положення конструкторської підготовки деталей та виробів. Поняття технічної системи: навколишнє середовище, функція, структура пристосування. Структура конструкторської підготовки виробу. Методи рішення задач проектування.

2. Приводи, які використовуються в ЛТО

Характеристика основних типів приводів, які використовуються в лазерному технологічному обладнанні.

Пневматичний привод. Основні поняття; конструкційні та експлуатаційні характеристики; основні елементи та устаткування; область використання у технологічному оснащенні.

Гідравлічний привод. Основні поняття; конструкційні та експлуатаційні характеристики; основні елементи та устаткування; галузь використання у технологічному оснащенні.

Електромеханічний привод на базі асинхронних, синхронних, крокових, вентильних та електродвигунів постійного току. Основні поняття; конструкційні та експлуатаційні характеристики; основні елементи та устаткування; область застосування у технологічному оснащенні.

Вібраційний привод (низькочастотні та високочастотні). Основні поняття; конструкційні та експлуатаційні характеристики; основні елементи та устаткування; область використання у технологічному оснащенні.

3. З'єднання оптичних деталей з оправами

Поняття оптичного складання оптичних вузлів. Основні вимоги до вузлів закріплення оптичних деталей. Загальна характеристика методів з'єднання деталей. Визначення оптимального вибору конструкції вузла з'єднання оптичних деталей з металевими.

Механічні методи з'єднання (завальцювання, кріплення різьбовим кільцем, розрізним кільцем, різьбовим та пружинним кільцями, пружинними планками, накладками тощо). Загальна характеристика, область використання. Основні конструкційні та експлуатаційні параметри. Переваги та недоліки.

З'єднання склеюванням. Загальна характеристика з'єднання, область використання. Класифікація та характеристики клеїв, що використовуються. Основні конструкційні та експлуатаційні параметри. Переваги та недоліки.

Пайка. Загальна характеристика, область використання. Типи припоїв, їх характеристика. Основні конструкційні та експлуатаційні параметри. Переваги та недоліки.

Операції промивання металевих деталей оптичних вузлів та очищення оптичних деталей. Призначення операції промивання металевих деталей та чистки оптичних деталей. Матеріали та пристосування, які використовуються для виконання операцій.

4. Юстирування оптичних деталей

Призначення та види юстирування. Етапи процесу юстирування оптичних елементів. Методи юстирування оптичних систем. Основні задачі юстирування та методи їх аналітичного рішення. Конструкційні рішення вузлів юстирування, їх переваги та недоліки.

5. Оптична лава

Призначення та класифікація стандартних оптичних лав. Рейки, рейтери з регульованими стійками стандартних оптичних лав. Лабораторні оптичні столи. Оптичні лави технологічних лазерів: газових лазерів з дифузійним охолодженням; з повільним прокачуванням робочої суміші; швидкопроточних газових лазерів; волоконних та дискових лазерів.

6. Механізми лінійного переміщення

Рейкові механізми. Класифікація, область використання. Основні конструкційні та експлуатаційні характеристики. Розрахунок та конструкційні рішення рейкових механізмів. Переваги та недоліки.

Гвинтові передачі. Класифікація, область використання. Основні конструкційні та експлуатаційні характеристики. Розрахунок та конструкційні рішення гвинтових (диференційних та інтегральних) механізмів. Переваги та недоліки.

Зубчасто-пасова передача. Область використання. Розрахунок та конструювання. Основні конструкційні та експлуатаційні характеристики пасів та шківів. Переваги та недоліки.

7. Пружинні механізми

Основні характеристики та класифікація пружин. Розрахунок та конструювання. Область використання. Переваги та недоліки.

1.4. Навчальні матеріали та ресурси

Задля досягнення мети та виконання завдань дисципліни здобувачі вищої освіти мають користуватись інформаційними джерелами, що наведено. Базові інформаційні джерела дозволяють засвоїти теоретичний матеріал, підготуватись та виконати розрахунки, ескізування та креслення під час проведення лабораторних занять та виконати індивідуальне завдання з розрахунково-графічної роботи.

Допоміжна література та інші інформаційні джерела сприяють поглибленому вивченню теоретичного матеріалу та практичного їх застосування.

Усі базові джерела інформації розміщено на сайті кафедри, у кабінеті для дистанційного навчання (**Google classroom**). Для своєчасного отримання необхідної інформації здобувачі вищої освіти отримують її на пошту академічної групи, телеграм-канал, на особисті корпоративні поштові адреси та через повідомлення у **Google classroom**.

1.4.1. Базова література

1. Конструювання та технологія виробництва техніки реєстрації інформації : У 3-х кн. Кн. 2. ОСНОВИ КОНСТРУЮВАННЯ: Навчальний посібник / Є. М. Травніков, В. С. Лазебний, Г. Г. Власюк, В. В. Пілінський, В. М. Співак, В. Б. Швайченко. За загальною редакцією В. С. Лазебного – К. : «КАФЕДРА», 2015. – 282 с.: іл.
2. Організація виробництва : підручник / за ред. А. І. Яковлева, С. П. Сударкіної, М. І. Ларки. – Харків : НТУ “ХПІ”, 2016. – 436 с., іл.
3. Розрахунок і конструювання оптико-електронних приладів : навч. посібник / А. С. Литвиненко, Г. О. Петченко, О. М. Ляшенко, О. М. Діденко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 139 с.
4. Основи розрахунку та конструювання вузлів лазерного технологічного обладнання. Конспект лекцій. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів вищої освіти освітньої програми *Лазерна техніка та комп'ютеризовані процеси фізико-технічної обробки матеріалів* спеціальності *131 Прикладна механіка*; уклад.: В. Л. Дубнюк – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 45 с.
5. Основи розрахунку та конструювання вузлів лазерного технологічного обладнання. Практикум. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів вищої

освіти освітньої програми *Лазерна техніка та комп'ютеризовані процеси фізико-технічної обробки матеріалів* спеціальності *131 Прикладна механіка*; уклад.: В. Л. Дубнюк – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 55 с.

6. Основи розрахунку та конструювання вузлів лазерного технологічного обладнання. Розрахунково-графічна робота. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів вищої освіти освітньої програми *Лазерна техніка та комп'ютеризовані процеси фізико-технічної обробки матеріалів* спеціальності *131 Прикладна механіка*; уклад.: В. Л. Дубнюк – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 65 с.

1.4.2. Додаткова література

1. Верба І. І., Даниленко О. В. Проектування обладнання галузевого машинобудування: Шпindelьні вузли на опорах кочення. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра, за освітньою програмою «Технології комп'ютерного конструювання верстатів, роботів та машин» спеціальності 131 Прикладна механіка; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,9 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 135 с.

<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38401>.

2. Бочков В. М. Розрахунок та конструювання металорізальних верстатів: Підручник / В. М. Бочков, Р. І. Сілін, О. В. Гаврильченко. За ред. Сіліна Р. І.– Львів:

Видавництво «Бескид Біт», 2008. – 448 с. іл. – URL:

<http://xn--e1ajqk.kiev.ua/wp-content/uploads/2019/12/Bochkov-V.-M.-Rozrahunok-takonstruyuvannya-metalorizalnih-verstativ.pdf>

1. 1.4.3. Інформаційні джерела

1. <https://www.edmundoptics.com>

2. <https://www.osapublishing.org/oe/home.cfm>

3. <https://aoeyewear.com>

2. Навчальний контент

2.1. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Задля послідовного та упорядкованого засвоєння матеріалів дисципліни розподілено години, які виділено на вивчення:

Найменування тем	Кількість годин			
	Всього	у тому числі		
		Лекції	Лабораторні заняття	СРС

Тема 1. Конструкторська підготовка виробництва деталей та вузлів	8	4		4
Тема 2. Приводи, які використовуються в ЛТК	14	6		8
Тема 3. З'єднання оптичних деталей з металевими. Модульна контрольна робота	18	6	4	8
Тема 4. Юстирування оптичних деталей	16	4	4	8
Тема 5. Оптична лава	16	4	4	8
Тема 6. Механізми лінійного переміщення	14	4	4	6
Тема 7. Пружинні механізми	10	4	2	4
Модульна контрольна робота	4	2		2
Розрахунково-графічна робота	10			10
Залік	10	2		8
Всього	120	36	18	66

2.1.1. Лекційні заняття: організація та проведення

Лекційні заняття призначено для доведення теоретичного матеріалу за відповідною темою.

№ з/ п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	2
1	Вступ. Визначення відмінностей лазерного технологічного обладнання від іншого обладнання для обробки матеріалів. Переваги використання обчислювальної техніки для підвищення продуктивності праці конструктора, оптимізації конструкції виробів та автоматизації процесу проектування машин. Завдання на СРС. 1. Розглянути кінематичні схеми металорізальних верстатів, зокрема, токарних, фрезерних, свердлильних тощо. 2. Визначити основні конструкційні відмінності металорізальних верстатів один від одного.
2	Тема 1. Конструкторська підготовка виробництва деталей та вузлів Основні поняття і положення конструкторської підготовки деталей та виробів. Поняття технічної системи: навколишнє середовище, функція, структура устаткування. Структура конструкторської підготовки виробу. Методи рішення задач проектування. Завдання на СРС. 1. Розробити структурну схему лазерного технологічного комплексу оснащеного СО₂-випроїнювачем та трикоординатною системою фокусування пучка. 2. Розробити структурну схему лазерного технологічного комплексу оснащеного твердотільним випромінювачем та двохкоординатним технологічним столом.
3	Тема 2. Приводи, які використовуються в ЛТК. Загальна характеристика приводів, які використовуються у лазерних установках. Характеристика основних типів приводів, які використовуються в лазерному технологічному обладнанні. Пневматичний привод. Основні поняття; конструкційні та експлуатаційні характеристики; основні елементи та устаткування; галузь використання у технологічному оснащенні та ЛТК. Гідравлічний привод. Основні поняття; конструкційні та експлуатаційні характеристики; основні елементи та устаткування; галузь використання у технологічному оснащенні та ЛТК. Завдання на СРС.

1	2
	1. Визначити які виробники закордонні та вітчизняні є лідерами на ринку виготовлення гідравлічних та пневматичних приводів та систем керування. 2. Розглянути пневматичні та гідравлічні схеми сучасних верстатів, визначити їх основні елементи.
4	Тема 2. Приводи, які використовуються в ЛТК. Електромеханічний привод. Електромеханічний привод на базі асинхронних, синхронних, крокових, вентильних та електродвигунів постійного току. Основні поняття; конструкційні та експлуатаційні характеристики; основні елементи та устаткування; галузь використання у технологічному оснащенні та ЛТК. Завдання на СРС. 1. Визначити конструкційні та експлуатаційні характеристики сучасних асинхронних електродвигунів. 2. Визначити конструкційні та експлуатаційні характеристики сучасних електродвигунів постійного струму.
5	Тема 2. Приводи, які використовуються в ЛТК. Вібраційний привод. Низькочастотний та високочастотний вібраційний привод. Основні поняття; конструкційні та експлуатаційні характеристики; основні елементи та устаткування; галузь використання у технологічному оснащенні та ЛТК. Завдання на СРС. 1. Визначити основні принципи, що застосовуються в системах транспортування матеріалів, заготовок та деталей на сучасному виробництві. 2. Описати систему вібраційного приводу сучасного металорізального верстату.
6	Тема 3. З'єднання оптичних деталей з металевими. Поняття оптичного складання оптичних вузлів. Основні вимоги до вузлів закріплення оптичних деталей. Загальна характеристика методів з'єднання деталей. Визначення оптимального вибору конструкції вузла з'єднання оптичних деталей з металевими. Завдання на СРС. 1. Ознайомитись із конструкціями оптичних вузлів та визначити основні вимоги до конструкції вузла з'єднання оптичних деталей з оправою. 2. Ознайомитись із принциповими схемами оптичних вузлів та обґрунтувати обраний вибір конструкції вузла з'єднання оптичних деталей з оправою, який зробив конструктор.
7	Тема 3. З'єднання оптичних деталей з металевими. Механічні методи з'єднання. Механічні методи з'єднання (завальцювання, кріплення різбовим кільцем, розрізним кільцем, різбовим та пружинним кільцями, пружинними

1	2
	планками, накладками тощо). Загальна характеристика, область використання. Основні конструкційні та експлуатаційні параметри. Переваги та недоліки. Завдання на СРС. 1. Розглянувши конструкцію вузла механічного з'єднання оптичних деталей з оправою визначити її переваги та недоліки. 2. Запропонувати інший механічний метод закріплення оптичної деталі у оправі та обґрунтувати вибір визначивши переваги та недоліки конструкції.
8	Тема 3. З'єднання оптичних деталей з металевими. Інші методи з'єднання. З'єднання склеюванням. Загальна характеристика з'єднання, область використання. Класифікація та характеристики клеїв, що використовуються. Основні конструкційні та експлуатаційні параметри. Переваги та недоліки. Пайка. Загальна характеристика, область використання. Типи припоїв, їх характеристика. Основні конструкційні та експлуатаційні параметри. Переваги та недоліки. Завдання на СРС. 1. Розглянувши конструкцію вузла з'єднання оптичних деталей з оправою склеюванням або пайкою визначити її переваги та недоліки. 2. Запропонувати інший метод закріплення оптичної деталі у оправі та обґрунтувати вибір визначивши переваги та недоліки з'єднання склеюванням або пайкою.
9	Тема 3. З'єднання оптичних деталей з металевими. Операції промивання металевих деталей та очищення оптичних деталей. Призначення операції промивання металевих деталей та чистки оптичних деталей. Матеріали та пристосування, які використовуються для виконання операцій. Завдання на СРС. 1. Для самостійно обраної оптичної деталі визначити матеріали та устаткування, які необхідні для її чистки. 2. Для обраної металевої оправы (корпусу оптичного вузла) визначити матеріали та устаткування, які необхідні для її промивки.
10	Тема 4. Юстирування оптичних деталей Призначення та види юстирування. Етапи процесу юстирування оптичних елементів. Методи юстирування оптичних систем. Основні задачі юстирування та методи їх аналітичного рішення. Завдання на СРС. 1. Визначити для конкретного оптичного вузла необхідну кількість юстирувальних переміщень оптичної деталі та аргументовано обґрунтувати прийняте рішення.

1	2
	2. Визначити для обраного оптичного вузла кількість юстирувальних переміщень, які вклав розробник у його конструкцію, та спробувати пояснити саме таке рішення юстирувальної задачі.
11	Тема 4. Юстирування оптичних деталей Конструкційні рішення вузлів юстирування, їх переваги та недоліки. Конструкційні рішення вузлів юстирування оптичних деталей з вирішенням задач юстирування по одній координаті; з обертанням навколо однієї вісі; з коливанням вздовж двох осей тощо. Завдання на СРС. 1. Визначити як вирішено задач юстирування у оптичному вузлі та порівняти конструкцію із наведеними у конспекті. 2. Запропонувати інше конструкційне рішення вузла юстирування, визначити переваги та недоліки пропонованої заміни.
12	Тема 5. Оптична лава. Стандартна оптична лава. Призначення та класифікація. Рейки та рейтери стандартних оптичних лав. Лабораторні оптичні столи. Завдання на СРС. 1. Розглянути конструкції столиків для розміщення оптичних вузлів на стандартній оптичній лаві. 2. Ознайомитись із конструкціями оптичних лав, які також використовуються у лабораторних умовах для створення моделей оптичних систем.
13	Тема 5. Оптична лава. Оптичні лави лазерних технологічних комплексів. Оптична лава технологічних лазерів: з дифузійним охолодженням; із слабим прокачуванням робочої суміші; швидкопроточних лазерів з поперечним та повздовжнім прокачуванням активного середовища. Оптичні лави для голографічних лазерних установок тощо. Технічні характеристики та конструкція. Завдання на СРС. 1. Ознайомитись із конструкціями випромінювачів сучасних лазерів та визначити елементи, які складають оптичну лаву оптичної системи. 2. Ознайомитись із конструкціями зовнішніх оптичних систем сучасних лазерних комплексів та визначити елементи, які складають оптичну лаву оптичної системи.
14	Тема 6. Механізми лінійного переміщення. Рейкові механізми. Класифікація, область використання. Основні конструкційні та експлуатаційні характеристики. Розрахунок та конструкційні рішення рейкових механізмів. Переваги та недоліки. Завдання на СРС.

1	2
	1. Розглянути рейкову передачу у конструкції сучасного металообробного верстату та визначити причини з яких розробник застосовує у обраному приводі саме рейкову передачу. 2. Розглянути рейкову передачу у конструкції сучасного лазерного технологічного комплексу та визначити причини з яких розробник застосовує у обраному приводі саме рейкову передачу.
15	Тема 6. Механізми лінійного переміщення. Гвинтові передачі. Класифікація, область використання. Основні конструкційні та експлуатаційні характеристики. Розрахунок та конструкційні рішення гвинтових (диференційних та інтегральних) механізмів. Переваги та недоліки. Завдання на СРС. 1. Розглянути гвинтову передачу у конструкції сучасного металообробного верстату та визначити причини з яких розробник застосовує у обраному приводі саме гвинтову передачу. 2. Розглянути гвинтову передачу у конструкції сучасного лазерного технологічного комплексу та визначити причини з яких розробник застосовує у обраному приводі саме гвинтову передачу.
16	Тема 6. Механізми лінійного переміщення. Зубчасто-пасова передача. Область використання. Розрахунок та конструювання. Основні конструкційні та експлуатаційні характеристики пасів та шківів. Переваги та недоліки. Завдання на СРС. 1. Розглянути зубчасто-пасову передачу у конструкції сучасного металообробного верстату та визначити причини з яких розробник застосовує у обраному приводі саме зубчасто-пасову передачу. 2. Розглянути зубчасто-пасову передачу у конструкції сучасного лазерного технологічного комплексу та визначити причини з яких розробник застосовує у обраному приводі саме зубчасто-пасову передачу.
17	Тема 7. Пружинні механізми. Пружинні механізми. Основні характеристики та класифікація пружин. Розрахунок та конструювання. Область використання. Переваги та недоліки. Завдання на СРС. 1. Провести розрахунок та сконструювати гвинтову циліндричну пружину для її застосування у гвинтовому приводі для забезпечення зворотного руху повзуна механізму. 2. Провести розрахунок та сконструювати плоский пружинний елемент для його застосування у вузлі юстирування оптичної деталі для забезпечення зворотного руху.

1	2
18	Підведення підсумків головних відмінностей лазерного технологічного обладнання та визначення основних переваг їх застосування

2.1.2. Лабораторні заняття: організація та проведення

Метою виконання лабораторних робіт є опанування навичками проведення розрахунків параметрів механічних передач, їх конструювання та оптимізації за допомогою комп'ютерної техніки.

Перелік лабораторних робіт та інформаційні джерела вказано у наступній таблиці:

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість аудиторних годин
1	Визначення характеристик вузла закріплення оптичної деталі у оправі та виготовлення ескізів вузлів з використанням програмного продукту AutoCAD.	4
2	Визначення параметрів вузла юстирування оптичних деталей та виготовлення ескізів вузлів з використанням програмного продукту AutoCAD.	4
3	Ознайомлення з конструкцією стандартної оптичної лави та виготовлення ескізів вузлів з використанням програмного продукту AutoCAD.	4
4	Ознайомлення з конструкцією механізмів лінійних переміщень та виготовлення ескізів вузлів з використанням програмного продукту AutoCAD.	4
5	Ознайомлення з використанням пружинних елементів у конструкціях лазерного обладнання, визначення параметрів пружинних елементів та виготовлення ескізів вузлів з використанням програмного продукту AutoCAD.	2

2.1.3. Зміст та завдання на розрахунково-графічну роботу

Метою виконання розрахунково-графічної роботи є надання можливостей самостійного опанування студентом основними методиками та навичками розрахунку та конструювання елементів лазерного технологічного обладнання, які розглядаються в лекційному курсі. Виконання завдань за наведеними нижче темами потребує розрахункових та оцінюючих дій з використанням обчислювальної техніки та прикладних програм.

Навчальний план підготовки бакалаврів передбачає з даної дисципліни виконання розрахунково-графічної роботи, яка саме складається з вибору механічних передач приводу, типу електродвигуна, розрахунку конструкційних та експлуатаційних параметрів приводу, конструювання окремих елементів приводу.

Розрахунково-графічні роботи виконуються за наступною тематикою:

- розрахунок зубчасто-пасової передачі, конструювання шківів та валів передачі;
- розрахунок та конструювання гвинтової передачі приводу;

- розрахунок та конструювання рейкової передачі приводу;
- розрахунок та конструювання вузла механічного закріплення лінзи системи фокусування, обґрунтування вибору;
- розрахунок та конструювання вузла закріплення скляного напівпрозорого дзеркала резонатора за допомогою паяння, обґрунтування вибору припою та конструкційного рішення вузла;
- розрахунок та конструювання вузла механічного закріплення лінзи системи фокусування, обґрунтування вибору;
- розрахунок та конструювання вузла клейового з'єднання лінз об'єктиву для розмірної обробки, обґрунтування вибору клею та методу закріплення склейки;
- розрахунок та конструювання вузла юстирування лінзи системи фокусування, обґрунтування вибору конструкційного рішення;
- розрахунок та конструювання вузла однокоординатного юстирування поворотного дзеркала, обґрунтування вибору конструкційного рішення;
- розрахунок та конструювання вузла просторового юстирування лінзи системи фокусування, обґрунтування вибору конструкційного рішення.

2.2. Самостійна робота студента – здобувача вищої освіти

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)	Кількість годин СРС
1	2	3
1	Розглянути кінематичні схеми металорізальних верстатів, зокрема, токарних, фрезерних, свердлильних тощо.	0,5
2	Визначити основні конструкційні відмінності металорізальних верстатів один від одного.	0,5
3	Розробити структурну схему лазерного технологічного комплексу оснащеного CO ₂ -випроїнювачем та трикоординатною системою фокусування пучка.	0,5
4	Розробити структурну схему лазерного технологічного комплексу оснащеного твердотілим випромінювачем та двокоординатним технологічним столом.	0,5
5	Визначити які виробники закордонні та вітчизняні є лідерами на ринку виготовлення гідравлічних та пневматичних приводів та систем керування.	0,5
6	Розглянути пневматичні та гідравлічні схеми сучасних верстатів, визначити їх основні елементи.	0,5
7	Визначити конструкційні та експлуатаційні характеристики сучасних асинхронних електродвигунів.	0,5
8	Визначити конструкційні та експлуатаційні характеристики сучасних електродвигунів постійного струму.	0,5

1	2	3
9	Визначити основні принципи, що застосовуються в системах транспортування матеріалів, заготовок та деталей на сучасному виробництві.	0,5
10	Описати систему вібраційного приводу сучасного металорізального верстату.	0,5
11	Ознайомитись із конструкціями оптичних вузлів та визначити основні вимоги до конструкції вузла з'єднання оптичних деталей з оправою.	0,5
12	Ознайомитись із принциповими схемами оптичних вузлів та обґрунтувати обраний вибір конструкції вузла з'єднання оптичних деталей з оправою, який зробив конструктор.	0,5
13	Розглянувши конструкцію вузла механічного з'єднання оптичних деталей з оправою визначити її переваги та недоліки.	0,5
14	Запропонувати інший механічний метод закріплення оптичної деталі у оправі та обґрунтувати вибір визначивши переваги та недоліки конструкції.	0,5
15	Розглянувши конструкцію вузла з'єднання оптичних деталей з оправою склеюванням або пайкою визначити її переваги та недоліки.	0,5
16	Запропонувати інший метод закріплення оптичної деталі у оправі та обґрунтувати вибір визначивши переваги та недоліки з'єднання склеюванням або пайкою.	0,5
17	Для самостійно обраної оптичної деталі визначити матеріали та устаткування, які необхідні для її чистки.	0,5
18	Для обраної металевої оправы (корпусу оптичного вузла) визначити матеріали та устаткування, які необхідні для її промивки.	0,5
19	Визначити для конкретного оптичного вузла необхідну кількість юстирувальних переміщень оптичної деталі та аргументовано обґрунтувати прийняте рішення.	0,5
20	Визначити для обраного оптичного вузла кількість юстирувальних переміщень, які вклав розробник у його конструкцію, та спробувати пояснити саме таке рішення юстирувальної задачі.	0,5
21	Визначити як вирішено задач юстирування у оптичному вузлі та порівняти конструкцію із наведеними у конспекті.	0,5
22	Запропонувати інше конструкційне рішення вузла юстирування, визначити переваги та недоліки пропонованої заміни.	0,5

1	2	3
23	Розглянути конструкції столиків для розміщення оптичних вузлів на стандартній оптичній лаві.	0,5
24	Ознайомитись із конструкціями оптичних лав, які також використовуються у лабораторних умовах для створення моделей оптичних систем.	0,5
25	Ознайомитись із конструкціями випромінювачів сучасних лазерів та визначити елементи, які складають оптичну лаву оптичної системи.	0,5
26	Ознайомитись із конструкціями зовнішніх оптичних систем сучасних лазерних комплексів та визначити елементи, які складають оптичну лаву оптичної системи.	0,5
27	Розглянути рейкову передачу у конструкції сучасного металообробного верстату та визначити причини з яких розробник застосовує у обраному приводі саме рейкову передачу.	0,5
28	Розглянути рейкову передачу у конструкції сучасного лазерного технологічного комплексу та визначити причини з яких розробник застосовує у обраному приводі саме рейкову передачу.	0,5
29	Розглянути гвинтову передачу у конструкції сучасного металообробного верстату та визначити причини з яких розробник застосовує у обраному приводі саме гвинтову передачу.	0,5
30	Розглянути гвинтову передачу у конструкції сучасного лазерного технологічного комплексу та визначити причини з яких розробник застосовує у обраному приводі саме гвинтову передачу.	0,5
31	Розглянути зубчасто-пасову передачу у конструкції сучасного лазерного технологічного комплексу та визначити причини з яких розробник застосовує у обраному приводі саме зубчасто-пасову передачу.	0,5
32	Провести розрахунок та сконструювати плоский пружинний елемент для його застосування у вузлі юстирування оптичної деталі для забезпечення зворотного руху.	0,5

2.3. Вимоги до організації та проведення навчання та методи контролю

2.3.1. Вимоги до організації навчання

Взаємодія викладача та здобувача вищої освіти базується на [Положення про організацію освітнього процесу в КПІ ім. Ігоря Сікорського](#).

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 безпосереднього контакту з викладачем для засвоєння знань, перейняття досвіду процесу творіння, культури та принципів гідного поведіння та толерантності у відносинах.

Студент має під час занять вести себе активно та працювати самостійно, не заважаючи працювати іншим студентам. Використання сторонніх предметів та електронної техніки під час занять забороняється. Допускається використання електронних пристроїв лише з метою проведення розрахунків, виконання креслярської роботи.

2.3.2. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання

Рейтинг здобувача вищої освіти з дисципліни складається з балів, що він отримує за виконання:

- 1) тесту до теоретичних матеріалів до лекційного заняття (модульна контрольна робота (МКР) представляє ряд тестів з кожної теоретичної теми, що викладаються під час лекцій);
- 2) лабораторної роботи;
- 3) розрахунково-графічної роботи.

2.3.2.1. Модульна контрольна робота

У поточному навчальному році заплановано проведення 12 тестів. Кожний тест вміщує різну кількість питань (дивись таблицю). Виходячи з загальної кількості балів у всіх тестах, визначається максимальний бал за кожний окремий тест. Максимальна кількість балів за усі тести складає **21 бал**. Кожна неправильна відповідь на тестове запитання знижує оцінку на $21/423=0,0496$ бали.

Номер тесту	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Загалом
Кількість питань	35	35	41	45	32	33	30	37	23	32	35	45	423
Максимальна кількість балів	1,74	1,74	2,03	2,23	1,59	1,64	1,49	1,84	1,14	1,59	1,74	2,23	21

Під час очного навчання тест виконується у поза аудиторний час в день проведення лекції з даної теми. При дистанційному навчанні тести також проводяться в день розгляду відповідної теми або її частини. Тести розміщено у **Google classroom** та відкриваються у відповідний час, що визначається викладачем. Результат написання тесту визначається автоматично у **Google classroom** та обов'язково враховується при виставленні поточного та семестрового контролю. При значній затримці у виконанні тесту без поважної причини оцінка може знижуватись (дивись п. 2.3.2.5).

2.3.2.2. Лабораторні роботи

Кожне завдання з лабораторного заняття оцінюється у **4 бали**. Враховуючи кількість завдань максимальна кількість балів складає (4 бали×9 лаб. занять) **36 балів**.

Максимальний бал 4 нараховується за умови вчасного та правильного виконання роботи.

Враховуючи обов'язкове правильне виконання завдання, зниження оцінки відбувається при невчасній здачі результатів (дивись таблицю нижче).

Зазвичай лабораторні заняття проводяться раз на два тижні. Оцінка визначається за таблицею.

Завдання з лабораторного заняття	Бал оцінювання виконання відповідного завдання у навчальний тиждень								
	2	4	6	8	10	12	14	16	18
1	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1
2		5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5
3			5	4,5	4	3,5	3	2,5	2
4				5	4,5	4	3,5	3	2,5
5					5	4,5	4	3,5	3
6						5	4,5	4	3,5
7							5	4,5	4
8								5	4,5
9									5

2.3.2.3. Розрахунково-графічна робота

Виконання розрахунково-графічної роботи оцінюється максимум у **28 балів**.

За повне розв'язання завдання, оформлення роботи відповідно до вимог ЄСКД та ЄСТД, використання комп'ютерної техніки для розрахунків та оформлення нараховується **28 балів**.

За повне розв'язання завдання, наявність незначних помилок, оформлення роботи відповідно до вимог ЄСКД нараховується **14 балів**.

За повне розв'язання завдання при наявності значних помилок, нехтуванні при оформленні роботи вимог ЄСКД нараховується **7 балів**.

2.3.2.5. Штрафні та заохочувальні бали

Нараховуються штрафні та заохочувальні бали:

- при невчасному виконанні тестів з лекційних занять без поважної причини знижується оцінка на 25 % при запізненні на тиждень; на 50% – при запізненні виконання більше, ніж на два тижні;
- активна участь у проведенні лабораторного занятті нараховуються заохочувальні + 0,5 бали;
- участь у олімпіаді з дисципліни; модернізації лабораторних робіт; виконання завдань з удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни надається від 0,5 до 10 заохочувальних балів.

2.3.2.6. Оцінювання з урахуванням автоматизації роботи у Google classroom

Враховуючи автоматизацію виставлення оцінок у **Google classroom** вводиться система уніфікації оцінок за усіма формами діяльності здобувачів вищої освіти. За **ОДИНИЦЮ** розрахунку приймається **ОДНА** правильна відповідь на запитання тесту.

Таким чином, тести оцінюються за шкалою:

Номер тесту	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Загалом
Максимальна кількість балів у Google classroom	35	35	41	45	32	33	30	37	23	32	35	45	423

Оцінювання лабораторних робіт визначається за таблицею.

Бал оцінювання виконання лабораторних робіт	За шкалою 100 балів						6	5	4	3	2	1
	За шкалою Google classroom						60	50	40	30	20	10

2.3.2.7. Поточний контроль

Поточний контроль проводиться під час навчального семестру за результатами виконання тестів та лабораторних робіт. Оцінки повідомляються під час занять, виставляються у відомість у «Електронному Кампусі» та у відомості **Google classroom**.

2.3.2.8. Календарний контроль

Календарний контроль двічі за семестр проставляється у «Електронному Кампусі» за результатами поточного контролю.

На час проведення першого календарного контролю (восьмий навчальний тиждень) студенти вже мають виконати сім тестів з лекційного теоретичного матеріалу (сумарна кількість 288 балів **Google classroom**) та дві лабораторні роботи (сумарна кількість 120 балів **Google classroom**). Максимально можлива кількість балів на час першого календарного контролю становить 408 балів за шкалою **Google classroom**, що за традиційною 100-бальною шкалою становить 41 бал. Студент отримує першу атестацію з умови виконання $0,6 \times 41 = 25$ балів.

На час проведення другого календарного контролю (п'ятнадцятий навчальний тиждень) студенти вже мають виконати дванадцять тестів з лекційного теоретичного матеріалу (сумарна кількість 423 бали **Google classroom**) та чотири лабораторні роботи (сумарна кількість 240 балів **Google classroom**). Максимально можлива кількість балів на час першого календарного контролю становить 663 бали за шкалою **Google classroom**, що за традиційною 100-бальною шкалою становить 66 балів. Студент отримує другу атестацію з умови виконання $0,6 \times 66 = 40$ балів.

2.3.2.9. Семестровий контроль – Залік

Сума балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_{\text{МАКС}} = 42_{(\text{МКР})} + 30_{(\text{ЛАБ})} + 28_{(\text{РГР})} = 100 \text{ балів.}$$

Студенти, які набрали протягом семестру рейтинг з освітнього компоненту менше **60 балів**, зобов'язані виконати залікову контрольну роботу. Залікова контрольна робота – це тест, який складається зі 100 питань, які обрано з поточних тестів. Виконання залікової контрольної роботи призначається на конкретний час усім здобувачам вищої освіти, які не виконали семестрові завдання на позитивну оцінку. На складання залікової контрольної роботи відводиться ОДНА година. Кожна

правильна відповідь оцінюється у **0,25 бали**. Таким чином, максимальна кількість додатково набраних балів становитиме **25 балів**.

Згідно розрахунків п. 2.3.2.6 максимальна кількість балів у **Google classroom** становитиме

$$R_{\text{МАКС}} = 423_{(\text{МКР})} + 5 \times 60_{(\text{ЛАБ})} + 280_{(\text{РГР})} = 1003 \text{ бали,}$$

які перераховуються у традиційні **100 балів** для виставлення оцінки у «Електронному Кампусі» діленням на 10.

Рейтингова оцінка за університетською шкалою визначається за таблицею:

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

У випадку, якщо студент не набрав потрібної кількості балів, за рішенням засідання кафедри його можуть допустити до ліквідації академічної заборгованості та повторного складання семестрового контролю.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: старший викладач Дубнюк Віктор Леонідович

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)