

## СПЕЦІАЛЬНІ ЕЛЕМЕНТИ ТА ОСНАЩЕННЯ ЛАЗЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>131 Прикладна механіка</i>
Освітня програма	<b><i>Прикладна механіка</i></b>
Статус дисципліни	<i>вибірковий освітній компонент</i>
Форма навчання	<i>денна</i>
Рік підготовки	<i>2 курс, 3 семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5,0 кредитів 150 годин</i>
Семестровий контроль	<i>екзамен</i>
Контрольні заходи	<i>дві модульні контрольні роботи,</i>
Розклад занять	<i>лекції та практичні заняття</i> <i>виконуються за розкладом &lt;<a href="https://kpi.ua/web.rozklad">https://kpi.ua/web.rozklad</a>&gt;</i>
Мова викладання	<i>українська</i>
Інформація про керівника курсу	Лектор: <i>д.т.н., професор Котляров Валерій Павлович</i> <a href="mailto:kotlyarovv@ukr.net">kotlyarovv@ukr.net</a> , +380 99 385 6117
викладачів	Практичні: <i>д.т.н., професор Котляров Валерій Павлович</i>
Розміщення курсу:	<i>Електронний кампус та Moodle в ПДН «Сікорський» &lt;<a href="https://do.ipk.kpi.ua/">https://do.ipk.kpi.ua/</a>&gt;</i>

КИЇВ 2024

# Програма навчальної дисципліни

## 1. Опис освітнього компоненту, його мета, предмет вивчення та результати навчання

Освітній компонент “**Спеціальні елементи та оснащення лазерних технологічних комплексів**” подовжує загальну технологічну та конструкторську підготовку фахівців з урахуванням специфіки реалізації технологічних операцій різноманітних видів лазерної обробки, що складає технологічне їх оснащення. Особливість операцій лазерної обробки полягає в тому, що фахівець має справу з не матеріальним, часто-густо не видимим, інструментом у вигляді згустку потужної направленої електромагнітної енергії, який набуває експлуатаційних (режимних) властивостей лише під час виконання операції, тому процедури її проектування та практичної реалізації докорінно відрізняються від подібних завдань не тільки з механічної обробки різанням, а й для інших, нетрадиційних методів, які відносяться до класу електрофізико хімічних видів обробки.

**Метою** викладання освітнього компоненту є надання студентам можливості оволодіння навичками модернізації складових лазерних технологічних комплексів (ЛТК) при створенні експериментальних стендів, впровадженні технологічних операції лазерної обробки, що включає до себе таку послідовність дій для стандартних виробничих ситуацій: пристосування лазера для створення променя – заготовки для подальшого перетворення її в робочий інструмент; забезпечення ЛТК приладами для аналізу та контролю параметрів променя; модернізацію оптичних систем для транспортування останнього в зону діяння на заготовку, його перетворення в інструмент, відповідний цілям обробки, з можливістю трансформації до поточних потреб переходів операції; контроль та оцінка результатів обробки в порівнянні з заданими критеріями; зворотній зв'язок з системою керування параметрами променя як інструменту для корекції ходу обробки в ручному або автоматичному режимах (впровадження штучного інтелекту у вигляді адаптивних форм організації операцій). Крім того, є широке коло специфічних проблем, які торкаються маніпуляцій з заготовкою, наприклад, забезпечення високого та стабільного рівня поглинання променистої енергії її поверхнею, підтримання достатньої гостроти променя та його розміру в зоні опромінення, незважаючи на її переміщення в 3D просторі при змінненні кутової орієнтації в 3ф координатах. До таких задач можна віднести необхідність захисту учасників технологічної системи, що обробляє (ТОС) від діяння продуктів руйнування матеріалу заготовки (ерозійного факелу) та залишків енергії в останньому та поєднання дії променя з іншими видами енергії, наприклад, стислого газу або вакууму.

Ця мета може бути досягнута в разі засвоєння студентами наступних **програмних результатів навчання** відповідно до послідовності дій:

*Компетентностей:*

1. Загальні:

ЗК 1. Здатність виявляти, ставити та вирішувати інженерно-технічні та науково-прикладні проблеми

- ЗК 2. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології
- ЗК 3. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

2. Фахові

- ФК 1. Здатність застосовувати відповідні методи і ресурси сучасної інженерії для знаходження оптимальних рішень широкого кола інженерних задач із застосуванням сучасних підходів, методів прогнозування, інформаційних технологій та з урахуванням наявних обмежень за умов неповної інформації та суперечливих вимог
- ФК 2. Здатність описати, класифікувати та змодельовати широке коло технічних об'єктів та процесів, що ґрунтується на глибокому знанні та розумінні теорій та практик механічної інженерії, а також знаннях суміжних наук
- ФК 8. Здатність застосовувати відповідні математичні, наукові і технічні методи, інформаційні технології та прикладне комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних і наукових завдань з прикладної механіки

- ФК 9. Здатність критичного аналізу та прогнозування параметрів працездатності нових та існуючих механічних конструкцій, машин, матеріалів і виробничих процесів машинобудування на основі знання та використання сучасних аналітичних та/або комп'ютеризованих методів і методик

### 3. Програмні результати навчання

- ПРН 1. Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання новітніх методів та методик проектування, аналізу і дослідження конструкцій, машин та/або процесів в галузі машинобудування та суміжних галузях знань;
- ПРН 2. Розробляти і ставити на виробництво нові види продукції, зокрема виконувати дослідно-конструкторські роботи та/або розробляти технологічне забезпечення процесу їх виготовлення;
- ПРН 3. Застосовувати системи автоматизації для виконання досліджень, проектно-конструкторських робіт, технологічної підготовки та інженерного аналізу в машинобудуванні;
- ПРН 4. Використовувати сучасні методи оптимізації параметрів технічних систем засобами системного аналізу, математичного та комп'ютерного моделювання, зокрема за умов неповної та суперечливої інформації;
- ПРН 5. реалізовувати операції лазерної обробки (поверхневого оздоблення, зварювання, контурного вирізання, гравірування, прецизійної обробки та інших видів);
- ПРН 11. Планувати і виконувати експериментальні і теоретичні дослідження у сфері прикладної механіки, аналізувати їх результати, обґрунтовувати висновки;
- ПРН 14. Застосовувати фундаментальні та прикладні знання та вміння в галузі інноваційних технологій машинобудування;
- ПРН 15. Планувати і виконувати експериментальні і теоретичні дослідження у сфері;
- ПРН 16. Оптимізувати технічні рішення на етапі проектування та експлуатації виробів та обладнання за допомогою сучасних розрахункових алгоритмів та спеціалізованих програмних комплексів.

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

Для успішного засвоєння матеріалу дисципліни необхідні знання, які одержуються студентом у попередніх курсах, що вивчаються в програмі професійної підготовки першого (бакалаврського) рівня вищої освіти: «Інтелектуальна власність та патентознавство»; «Комп'ютерне моделювання в наукоємному машинобудуванні»; «Інноваційні технології в машинобудуванні»; «Проектування та експлуатація лазерного технологічного обладнання»; Системна інженерія та управління проектами в наукоємному машинобудуванні; «Фізика взаємодії концентрованих потоків енергії з речовиною»; «Технологія машинобудування»; «Основи наукових досліджень та технічної творчості», «Лазерна поверхнева обробка»; «Технологія лазерної розмірної обробки» «Проектування та експлуатація лазерного технологічного обладнання».

Знання, які одержано під час вивчення дисципліни, забезпечують опанування наступних курсів за навчальними планами підготовки магістрів: «Технічні та програмні засоби систем автоматизації», «Проектування випромінювачів технологічних лазерів», «Конструювання вузлів лазерного технологічного обладнання» та «Джерела живлення технологічних лазерів».

## 3. Зміст освітнього компоненту

### Вступ.

#### Розділ 1. Зміст та завдання курсу.

*Тема 1.1. Структура ТОС. Напрями розробки технологічного оснащення для ТОС*

*Тема 1.2. Розробка ТЗ на модернізацію використаної чи проектування нової конструкції технологічного оснащення*

**Розділ 2.** Засоби керування параметрами випромінювання, які розташовуються усередині резонатора випромінювача

*Тема 2.1. Пристрої для варіювання рівня потужності випромінювання*

*Тема 2.2. Пристрої для змінення просторових характеристик пучка випромінювання*

*Тема 2.3. Пристрої для змінення часових характеристик імпульсного режиму випромінювання параметрами пучка випромінювання*

**Розділ 3.** Засоби зовнішнього (поза резонаторного) керування

*Тема 3.1. Пристрої для змінення характеристик пучка лазерного випромінювання*

*Тема 3.2. Засоби управління формою перетину пучка лазерного випромінювання*

*Тема 3.3. Пристрої для змінення напрямку поширення пучка випромінювання*

*Тема 3.4. Пристрої для перекриття пучка випромінювання (заслінки, затвори)*

**Розділ 4.** Засоби контролю характеристик випромінювання та параметрів його пучка

*Тема 4.1. Прибори для виміру інтегральних характеристик пучка лазерного випромінювання*

*Тема 4.2. Прилади для аналізу розподілу інтенсивності випромінювання в перетині пучка*

**Розділ 5.** Оптична транспортувальна система

*Тема 5.1. Транспортувальні системи на оптичних елементах*

*Тема 5.2. Оптиковолоконна техніка для транспортування енергії випромінювання*

**Розділ 6.** Оптична перетворювальна система (ОПС)

*Тема 6.1. Засоби концентрації енергії випромінювання в зоні обробки*

*Тема 6.2. Оптичні скануючі пристрої (дефлектори)*

*Тема 6.3. Сканери лазерних фізіотерапевтичних установок*

**Розділ 7.** Оптична налагоджувально-наглядова система

*Тема 7.1. Систематизація методів та засобів позиціювання*

*Тема 7.2. Пристрої для позиціювання заготовки за результатами аналізу каустики*

*Тема 7.3. Пристрої для позиціювання заготовки в ослабленому пучку випромінювання*

*Тема 7.4. Пристрої для позиціювання заготовки в каустиці пучка випромінювання, перетвореного ОПС, за допомогою випромінювання від додаткового джерела*

*Тема 7.5. Пристрої для позиціювання заготовки відносно ОПС ЛТУ з візуальною оцінкою результату методом подвійного зображення*

*Тема 7.6. Автоматизація переходу відносного позиціювання ОПС та заготовки*

*Тема 7.7. Пристрої для захисту поверхні оптичних елементів від продуктів лазерної ерозії*

**Розділ 8.** Різаки для операцій лазерної обробки

*Тема 8.1. Різаки для подачі газу одного типу*

*Тема 8.2. Різаки для одночасного формування струменів газу різного призначення (робочого та захисного)*

*Тема 8.3. Елементи конструкцій різаків, які необхідні для центрування їх сопел*

**Розділ 9.** Засоби підвищення та оптимізації рівня поглинання енергії випромінювання поверхнею заготовки

*Тема 9.1. Оптичні засоби підвищення поглинальної здатності поверхні заготовки*

*Тема 9.2. Засоби для штучного підвищення поглинальної здатності поверхні заготовки*

*Тема 9.3. Засоби оптимізації процесу поглинання енергії випромінювання поверхнею заготовки*

**Розділ 10.** Пристосування для установки, базування та закріплення заготовки в робочій зоні

*Тема 10.1. Настановні елементи пристосувань*

*Тема 10.2. Затискні механізми пристосувань*

*Тема 10.3. Приводи пристосувань*

**Розділ 11.** Технологічне оснащення операцій лазерної поверхневої обробки

*Тема 11.1. Пристосування для поверхневої термообробки*

*Тема 11.2. Пристрої для легування поверхні при лазерному нагріванні*

*Тема 11.3. Аморфізація поверхні з лазерним опромінюванням*

*Тема 11.4. Комбінована з поверхнево пластичною деформацією поверхнева лазерна обробка*

## **Розділ 12.** Технологічне оснащення операцій лазерного зварювання

*Тема 12.1. Пристосування для позиціювання заготовок в зоні обробки*

*Тема 12.2. Пристрої для формування зварювального шва*

## **Розділ 13.** Технологічне оснащення операцій лазерного гравірування

*Тема 13.1. Нанесення змісту знаку (малюнка) методом його копіювання з маски (трафарету)*

*Тема 13.2. Пристрої для гравірування малюнка шляхом обходу пучком випромінювання його змісту та контуру*

*Тема 13.3. Пристрої для гравірування малюнка за комбінованою схемою*

## **Розділ 14.** Технологічне оснащення операцій контурного вирізання лазерним променем

*Тема 14.1. Пристрої для забезпечення належних результатів (кількісних та якісних)*

*Тема 14.2. Пристрої для формування контуру виробу, що вирізається*

*Тема 14.3. Технологічне оснащення систем з адаптивною організацією операції контурного різання*

## **Розділ 15.** Технологічне оснащення операцій лазерної розмірної обробки

*Тема 15.1. Пристосування для підвищення ефективності операцій*

*Тема 15.2. Засоби підвищення якості результатів технологічної операції*

## **Розділ 16.** Засоби автоматизації та адаптивної організації операції лазерної обробки

*Тема 16.1. Засоби контролю за станом елементів ЛТУ та керування її вихідними параметрами*

*Тема 16.2. ЛТУ із засобами безпосереднього контролю результатів операції та керування їх рівнем*

*Тема 16.3. Адаптивні форми організації технологічної операції*

## **4. Навчальні матеріали та ресурси**

### *Базова література*

1. Котляров В.;П. Технологічне оснащення лазерних комплексів. Підручник. Електронне видання. Київ: НТУУ «КПІ», 2013. – 592с. Доступ: депозитарій НТБ НТУУ «КПІ» [library.ntu-kpi.kiev.ua; http://ela.kpi.ua/handle/123456789/3085?](http://ela.kpi.ua/handle/123456789/3085?) CAMPUS:
2. Котляров В.П. Спеціальні елементи та оснащення лазерних технологічних комплексів. Навчальний наочний посібник. Електронне видання. Київ: НТУУ «КПІ», 2013. – 293 с. Доступ: депозитарій НТБ НТУУ «КПІ» [library.ntu-kpi.kiev.ua; http://ela.kpi.ua/handle/123456789/3082;](http://ela.kpi.ua/handle/123456789/3082) CAMPUS:
3. Котляров В.П. Технологія лазерної обробки (операції розмірної обробки). Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, - 2010. – 308с. Доступ: НТБ НТУУ «КПІ»; CAMPUS:
4. Винаходи за класами МПК: B23K, H01S, B28D, G01D (США, Великобританія, Франція, ФРГ) Доступ: НТБ НТУУ «КПІ»; CAMPUS:
5. Котляров В.П., Синюченко В.В. Засоби надання гнучкості інструменту з лазерного променя. Наукові вісті НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» 2018.-№3. С. 70 – 83 Доступ: НТБ НТУУ «КПІ» або [kotlyarovv@ukr.net](mailto:kotlyarovv@ukr.net), CAMPUS:
6. Котляров В.П., Шкляр С.Г. Систематизація технологічних засад прецизійної лазерної обробки. Вісник НТУУ «КПІ» серія «Машинобудування» - 2019. - №2 (83) С. 61-76 Доступ: НТБ НТУУ «КПІ» або [kotlyarovv@ukr.net](mailto:kotlyarovv@ukr.net) CAMPUS:

### *Додаткова література*

1. 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. Доступ: CAMPUS:

2. Котляров В.П. Удосконалення сканера лазерних терапевтичних установок. Наукові вісті НТУУ (КПІ).-2014.-№3. С. 53-61. Доступ: НТБ НТУУ «КПІ» [library.ntu-kpi.kiev.ua](http://library.ntu-kpi.kiev.ua), CAMPUS:
3. Котляров В.П., Анякін М.І. Методі та засоби відносного позиціювання пучка лазерного випромінювання та заготовки Наукові вісті НТУУ (КПІ).-2009.-№1. С.88-94, Доступ: НТБ НТУУ «КПІ» [library.ntu-kpi.kiev.ua](http://library.ntu-kpi.kiev.ua), або CAMPUS:
4. Котляров В.П. Інженерія оптимізації температурних джерел в лазерній прецизійній обробці. Mechanics and Advanced Technologies, 2023. 7(2), 243–256. CAMPUS:?

### *Інформаційні ресурси*

1. [lft.kpi.ua](http://lft.kpi.ua) (сайт кафедри ЛТ та ФТТ)
2. [login.kpi.ua](http://login.kpi.ua) (сайт КАМПУС'у)
3. [library.ntu-kpi.kiev.ua](http://library.ntu-kpi.kiev.ua) (сайт науково – технічної бібліотеки НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»)
4. Методичні матеріали також доступні в Moodle в ПДН «Сікорський» <<https://do.ipk.kpi.ua/>> або в аккаунті [Kotlyarov.Valery@LLL.kpi.ua](mailto:Kotlyarov.Valery@LLL.kpi.ua)

# Навчальний контент

## 5. Методика опанування освітнього компоненту

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

Таблиця. 1. Структура викладання освітнього компоненту

Назви розділів і тем	Кількість годин			
	Всього	У тому числі		
		Лекції	Практ.	СРС
<i>I</i>	2	3	4	5
<b>Вступ.</b>				
<i>Призначення та завдання вивчення дисципліни. Зв'язок з іншими дисциплінами навчального плану</i>	<b>1</b>	<b>1</b>	-	-
<b>Розділ 1. Зміст та завдання курсу</b>				
<i>Тема 1.1. Структура технологічної системи, що обробляє (ТОС). Напрями розробки технологічного оснащення для ТОС</i>	2	1	-	1
<i>Тема 1.2. Розробка ТЗ на модернізацію використаної чи проектування нової конструкції технологічного оснащення</i>	1	1	-	
<b>Разом за розділом 1</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	-	<b>1</b>
<b>Розділ 2. Засоби керування параметрами випромінювання, які розташовуються усередині резонатора випромінювача</b>				
<i>Тема 2.1. Пристрої для варіювання рівня потужності випромінювання</i>	3	2		1
<i>Тема 2.2. Пристрої для змінення просторових характеристик пучка випромінювання</i>	4	3	1	
<i>Тема 2.3. Пристрої для змінення часових характеристик імпульсного режиму випромінювання</i>	7	5	1	1
<b>Разом за розділом 2</b>	<b>14</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
<b>Розділ 3. Засоби зовнішнього (поза резонаторного) керування параметрами пучка випромінювання</b>				
<i>Тема 3.1. Пристрої для змінення характеристик пучка лазерного випромінювання</i>	2	1	-	1
<i>Тема 3.2. Засоби управління формою перетину пучка лазерного випромінювання</i>	2	1	1	-
<i>Тема 3.3. Пристрої для змінення напрямку поширення пучка випромінювання</i>	1	1	-	-
<i>Тема 3.4. Пристрої для перекриття пучка випромінювання (заслінки, затвори)</i>	2	1		1
<b>Разом за розділом 3</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>Розділ 4. Засоби контролю характеристик випромінювання та параметрів його пучка</b>				
<i>Тема 4.1. Прибори для виміру інтегральних характеристик пучка лазерного випромінювання</i>	4	2	1	1
<i>Тема 4.2. Прилади для аналізу розподілу інтенсивності випромінювання в перетині пучка</i>	2	3		
<b>Разом за розділом 4</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

подовження 1 табл. 1

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<b>Розділ 5. Оптична транспортувальна система</b>				
<i>Тема 5.1. Транспортувальні системи на оптичних елементах</i>	3	2	1	
<i>Тема 5.2. Оптичне волоконна техніка для транспортування енергії випромінювання</i>	3	2	-	1
<b>Разом за розділом 5</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Розділ 6 Оптична перетворювальна система</b>				
<i>Тема 6.1. Засоби концентрації енергії випромінювання в зоні обробки</i>	4	2	1	1
<i>Тема 6.2. Оптичні скануючі пристрої (дефлектори)</i>	3	1	1	1
<i>Тема 6.3. Сканери лазерних фізіотерапевтичних установок</i>	2	1	-	1
<b>Разом за розділом 6</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Розділ 7. Оптична налаштувально-наглядова система</b>				
<i>Тема 7.1. Систематизація методів та засобів позиціонування</i>	1	1	-	-
<i>Тема 7.2. Пристрої для позиціонування заготовки за результатами аналізу каустики</i>	2,5	0,5	1	1
<i>Тема 7.3. Пристрої для позиціонування заготовки в ослабленому пучку випромінювання</i>	2	1		1
<i>Тема 7.4. Пристрої для позиціонування заготовки в каустиці пучка випромінювання, перетвореного ОПС, за допомогою випромінювання від додаткового джерела</i>	0,5	0,5	-	-
<i>Тема 7.5. Пристрої для позиціонування заготовки відносно ОПС ЛТУ з візуальною оцінкою результату методом подвійного зображення</i>	2,5	0,5	1	1
<i>Тема 7.6. Автоматизація переходу відносно позиціонування ОПС та заготовки</i>	2,5	0,5	1	1
<i>Тема 7.7. Пристрої для захисту поверхні оптичних елементів від продуктів лазерної ерозії</i>	1	1	-	-
<b>Контрольна модульна робота № 1</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	
<b>Разом за розділом 7</b>	<b>14</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>Розділ 8. Різаки для операцій лазерної обробки</b>				
<i>Тема 8.1. Різаки для подачі газу одного типу</i>	1	1		-
<i>Тема 8.2. Різаки для одночасного формування струменів газу різного призначення (робочого та захисного)</i>	2	1	-	1
<i>Тема 8.3. Елементи конструкції різаків, які необхідні для центрування їх сопел</i>	3	1	1	1
<b>Разом за розділом 8</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>



<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<b>Розділ 9. Засоби підвищення та оптимізації рівня поглинання енергії випромінювання поверхнею заготовки</b>				
<i>Тема 9.1. Оптичні засоби підвищення поглинальної здатності поверхні заготовки</i>	1.5	0.5	-	1
<i>Тема 9.2. Засоби для штучного підвищення поглинальної здатності поверхні заготовки</i>	3	1	1	1
<i>Тема 9.3. Засоби оптимізації процесу поглинання енергії випромінювання поверхнею заготовки</i>	0.5	0.5	-	-
<b>Разом за розділом 9</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>Розділ 10. Пристосування для установки, базування та закріплення заготовки в робочій зоні</b>				
<i>Тема 10.1. Настановні елементи пристосувань</i>	1	1	-	-
<i>Тема 10.2. Затискні механізми пристосувань</i>	0,5	0,5	-	-
<i>Тема 10.3. Приводи пристосувань</i>	0,5	0,5	-	-
<b>Разом за розділом 10</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	-	-
<b>Розділ 11. Технологічне оснащення операцій лазерної поверхневої обробки</b>				
<i>Тема 11.1. Пристосування для поверхневої термообробки</i>	1	1	-	-
<i>Тема 11.2. Пристрої для легування поверхні при лазерному нагріванні</i>	2	1	-	1
<i>Тема 11.3. Аморфізація поверхні з лазерним опромінюванням</i>	4	2	1	1
<i>Тема 11.4. Комбінована з поверхнево пластичною деформацією поверхнева лазерна обробка</i>	3	2	-	1
<b>Разом за розділом 11</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
<b>Розділ 12. Технологічне оснащення операцій лазерного зварювання</b>				
<i>Тема 12.1. Пристосування для позиціювання заготовок в зоні обробки</i>	2	1	1	-
<i>Тема 12.2. Пристрої для формування зварювального шва</i>	2	1	-	1
<b>Разом за розділом 12</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Розділ 13. Технологічне оснащення операцій лазерного гравірування</b>				
<i>Тема 13.1. Нанесення змісту знаку (малюнка) методом його копіювання з маски (трафарету)</i>	3	2		1
<i>Тема 13.2. Пристрої для гравірування малюнка шляхом обходу пучком випромінювання його змісту та контуру</i>	4	2	1	1
<i>Тема 13.3. Пристрої для гравірування малюнка за комбінованою схемою</i>	1	1		
<b>Разом за розділом 13</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>Розділ 14. Технологічне оснащення операцій контурного вирізання лазерним променем</b>				
<i>Тема 14.1. Пристрої для забезпечення належних результатів (кількісних та якісних)</i>	2	1	1	

подовження 2 табл. 1

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>Тема 14.2. Пристрої для формування контуру виробу, що вирізається</i>	3	2		1
<i>Тема 14.3. Технологічне оснащення систем з адаптивною організацією операції контурного різання</i>	2	2		-
<b>Разом за розділом 14</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Розділ 15. Технологічне оснащення операцій лазерної розмірної обробки</b>				
<i>Тема 15.1. Пристосування для підвищення ефективності операцій</i>	5	3	1	1
<i>Тема 15.2. Засоби підвищення якості результатів технологічної операції</i>	4	3	-	1
<b>Разом за розділом 15</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>Розділ 16. Засоби автоматизації та адаптивної організації операції лазерної обробки</b>				
<i>Тема 16.1. Засоби контролю за станом елементів ЛТУ та керування її вихідними параметрами</i>	2	1	1	-
<i>Тема 16.2. ЛТУ із засобами безпосереднього контролю результатів операції та керування їх рівнем</i>	2	2		
<i>Тема 16.3. Адаптивні форми організації технологічної операції</i>	3	2		1
<b>Контрольна модульна робота №2</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	
<b>Разом за розділом 16</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>Екзамен</b>	<b>30</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>30</b>
<b>Всього годин</b>	<b>150</b>	<b>72</b>	<b>18</b>	<b>60</b>

подовження 3 табл. 1



## 5.1. Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	<p><b>Тема 1.1.</b> <i>Зміст та задача кредитного модуля. Визначення об'єкту ТОС та напрямку його вдосконалення.</i></p> <p><b>Тема 1.2.</b> <i>Розробка ТЗ на модернізацію використаної чи проектування нової конструкції технологічного оснащення</i></p> <p>Аналіз якісних та кількісних результатів обробки та критеріїв технічного завдання (ТЗ) для визначення напрямку(напрямоків) вдосконалення технологічної операції. Оцінка очікуваної економічної ефективності вибраного методу вдосконалення. Методика пошуку відомих науково-технічних рішень, які відбивають сучасний рівень досягнень у області проектування. Класифікація аналогів за ефектом, що досягається, вибір прототипу. Формування переліку критеріїв, яким повинно відповідати технічне рішення, що проектується.</p> <p><b>Література: базова</b> - [1] стор. 7 – 25; [2] Пр1Л1_3 слайди 2-4</p> <p><b>Завдання на СРС:</b> Залежність структури ТОС та напрямків розробки оснащення від призначення технологічного обладнання, типу випромінювача та режиму його роботи.</p> <p>Міжнародна та державна патентна класифікації. Визначення класів, які торкаються лазерної техніки, лазерної технології та технологічного оснащення загального призначення.</p> <p><i>Література додаткова</i></p>
2	<p><b>Тема 2.1.</b> <i>Пристрої для варіювання рівня потужності випромінювання.</i></p> <p>Засоби відведення енергії із резонатора лазера для плавного регулювання її рівня. Підвищення середнього рівня потужності променя скороченням заднього фронту імпульсу.</p> <p><b>Література: базова</b> - [1] стор. 26 – 30; [2] Пр1Л1_3, слайд 5;</p> <p><b>Завдання на СРС:</b> Які засоби використовуються в серійних конструкціях лазерів для керування енергетичними параметрами пучка випромінювання? Оцініть можливості такого керування режимом роботи лазера. Виявіть причини такого впливу на режим генерації обраного методу керування роботою лазера.</p> <p><i>Література додаткова</i> – [4], [8]</p>
3	<p><b>Тема 2.2.</b> <i>Пристрої для змінення просторових характеристик пучка випромінювання</i></p> <p>Вплив конфігурації резонатора на кутові та розмірні характеристики променя. Гнучка резонаторна оптика.</p> <p><b>Література: базова</b> - [1] стор. 31 – 38; [2] Пр1Л1_3, слайд 6-8;</p> <p><b>Завдання на СРС.</b> Конфігурація резонатор лазера: шляхи впливу на кутові та розмірні характеристики променя. Які конструкції дзеркал дозволяють плавно їх змінювати?</p> <p><i>Література додаткова</i> – [1]</p>
4	<p><b>Тема 2.3.</b> <i>Пристрої для змінення часових характеристик імпульсного режиму випромінювання</i></p> <p>Механізм підсилення електромагнітної енергії в лазерному резонаторі. Чинники нерегулярності часової структури імпульсу випромінювання. Класифікація лазерних затворів. Оптичні лазерні затвори.</p> <p><b>Література: базова</b> - [1] стор. 38 – 44; 48 – 56; [2] Пр1Л1_3, слайд 9-19;</p> <p><b>Завдання на СРС:</b> Який головний принцип впливу на роботу лазера лежить в основі зміни добротності його резонатора. Які режими генерації лазера досягаються зміною добротності резонатора? За якими ознаками класифікують модулятори добротності лазерів?</p> <p><i>Література додаткова:</i></p>
5	<p><b>Тема 2.3.</b> <i>Пристрої для змінення часових характеристик імпульсного режиму випромінювання</i></p> <p><b>Література: базова</b> - [1] стор. 45 – 47; [2] Пр1Л1_3, слайд 20-25; Пр1Л1_4 сл. 2-7</p> <p>Механічні та ультра звукові модулятори, модулятори із зміною порогу генерації активного середовища. Пасивні затвори.</p> <p><b>Завдання на СРС:</b> Привести альтернативні схеми резонаторних модуляторів випромінювання для різноманітних типів лазерів /із газовим активним середовищем, на рубіні і на неодимових активних центрах/. Обґрунтувати застосування тієї або іншої схеми модуляції в кожному випадку й уявити ескізний проект обраних засобів. Схема пасивного затвора.</p> <p><i>Література додаткова:</i>[3]</p>
6	<p><b>Тема 3.1</b> <i>Пристрої для поза резонаторного впливу на пучок випромінювання: зміна характеру розподілу інтенсивності оптичними методами (фільтри, прозорі та дзеркальні оптичні системи).</i></p> <p><b>Тема 3.2.</b> <i>Перетворення перерізу пучка випромінювання оптичними засобами.</i></p> <p><b>Література:</b> базова - [1] стор. 81 – 93; [2] Пр2Л4, слайди 1-7.</p>

	<p><u>Завдання на СРС:</u> Наведіть схеми фільтрації пучка випромінювання та перебудови його перетину для управління розподілом потужності на поверхні заготовки. В яких операціях застосовуються ці пристрої. Які залежності можна використовувати для вибору параметрів фільтрів або оптичних елементів.</p> <p><i>Література додаткова</i></p>
7	<p><b>Тема 3.3.</b> Пристрої для зміни напрямку розповсюдження пучка випромінювання  <b>Тема 3.4.</b> Засоби паралельного переносу осі або зміна її нахилу. Затвори для лазерного променя.  Призначення та конструювання затворів та перервачів пучка випромінювання  <b>Література: базова</b> - [1] стор. 93 – 111; [2] Пр2Л4, слайди 8-14.  <u>Завдання 1 на СРС:</u> Запропонуйте схему паралельного зміщення осі пучка, який можна розташувати між лазером та оптичною системою для суміщення їх оптичних осей. Для яких за формою перетинів пучка випромінювання застосовують його перебудову з метою оптимізації умов опромінення заготовки з прямокутними межами поверхні.  <u>Завдання 2 на СРС:</u> Як залежить склад заслінки від потужності лазера, призначення заслінки та операції, що виконується на ЛТУ?  <i>Література додаткова:</i></p>
8	<p><b>Тема 4.1.</b> Прибори для виміру інтегральних характеристик пучка лазерного випромінювання  Класифікація вимірювальних пристроїв за призначенням, методом виміру та впливу на процес обробки. Пристрої для вимірювання інтегральних характеристик пучка випромінювання  <b>Література: базова</b> - [1] стор. 113 – 128; [2] Пр3Л5_6, слайди 1-5.  <u>Завдання на СРС:</u> Розробити схему відбору проб потужності пучка випромінювання для постійного контролю його рівня потужності, включаючи час виконання технологічної операції. Які чутливі датчики використовуються в приладах з прямим методом оцінювання рівня потужності (енергії)?  <i>Література додаткова:</i></p>
9	<p><b>Тема 4.2.</b> Прилади для аналізу розподілу інтенсивності випромінювання в перетині пучка  Прилади для аналізу пучків випромінювання поперек їх зрізу, головний принцип відбору інформаційного сигналу.  <b>Література: базова</b> - [1] стор. 128 – 140; [2] Пр3Л5_6, слайди 6-12.  <u>Завдання на СРС:</u> Датчики для аналізаторів (фотоелектричні, пневматичні, піроприймач, датчики опору та ін.). Їх частотні, часові та характеристики швидкодії. Схеми точкового відбору потужності вздовж однієї та двох координат поперек пучка випромінювання.  <i>Література додаткова:</i></p>
10	<p><b>Тема 5.1.</b> Транспортувальні системи на оптичних елементах  Класифікація засобів постачання енергії лазерного випромінювання до одного або кількох споживачів. Сумування енергії пучків з однією та різними довжинами хвиль під час транспортування на дзеркальних та прозорих елементах. Розподіл та складання потужності декількох лазерів.  <b>Література: базова</b> - [1] стор. 141 – 160; [2] Пр3Л5_6, слайди 15-24.  <u>Завдання на СРС:</u> Складіть схему постачання енергії лазерного випромінювання для:  - послідовних споживачів;  - для паралельно працюючих зон обробки.  Визначити параметри дзеркальної оптики для поділу пучка на складові.  <i>Література додаткова:</i></p>
11	<p><b>Тема 5.2.</b> Оптиковолоконна техніка для транспортування енергії випромінювання  Пристрої для введення енергії лазерного випромінювання в волоконний кабель. Вихідні пристрої волоконних систем. Корекція кутових характеристик пучка лазерного випромінювання. Оптичні перетворюючі системи для світло волокна.  <b>Література: базова</b> - [1] 161 – 172; [2] Пр3Л25_27.  <u>Завдання на СРС:</u> Розрахуйте параметри пристрою вводу пучка випромінювання <math>\varnothing 8</math> мм у оптичне волокно <math>\varnothing 100</math> мкм із плавненого кварцу (показник заломлення <math>n = 1,5</math>) в полімерній оболонці (<math>n = 1,25</math>).  Розрахуйте параметри коригуючої лінзи для придання пучку випромінювання на виході з волоконного кабелю кут розбіжності 0,003 радіана.  Спроектуйте оптичну перетворюючу систему для концентрації пучка випромінювання (<math>\lambda = 1,06</math> мкм) в зону опромінення <math>\varnothing 0,03</math> мм.  <i>Література додаткова:</i></p>
12	<p><b>Тема 6.1.</b> Засоби концентрації енергії випромінювання в зоні обробки  Одно - та багатолінзові (дзеркальні) системи, трансфокатори  <b>Література: базова</b> - [1] стор. 173 - 201; [2] Пр4Л7_8, слайди 2-18.</p>

	<p><u>Завдання на СРС:</u> Розрахуйте параметри мульти-лінзової фокусуєчої системи (колективна лінза) для одночасної обробки системи отворів в ситах для сортування кристалів <math>\varnothing 0,1</math> мм, розташованих з кроком 3 мм на поверхні дна стакана <math>\varnothing 30</math> мм із латуні ЛС59 завтовшки 0,05 мм.</p> <p><i>Література додаткова:</i> [7], базова [5, 6]</p>
13	<p><b>Тема 6.2.</b> Оптичні сканувальні пристрої (дефлектори)  <b>Тема 6.3.</b> Сканери лазерних фізіотерапевтичних установок  Сканери на прозорих та дзеркальних елементах. Сканери фізіотерапевтичних установок.  <b>Література:</b> базова - [1] стор. 203 – 257; стор. 222 – 252; [2] Пр4Л17_8, слайди 19-30; Пр. 5*Л9_10, слайди 1-28; додаткова [4];  <u>Завдання на СРС:</u> Навести схеми перетворення пучка лазерного випромінювання оптичним клином, призмами, сферичними та несферичними оптичними елементами. Закономірності проходження через ці елементи параксіальних пучків (геометрична оптика). Променевий пакет. Сканери для сканування променя в фізіотерапевтичних установках  <i>Література додаткова</i> – [2].</p>
14	<p><b>Тема 7.1.</b> Систематизація методів та засобів позиціювання. Класифікація методів позиціювання заготовки у пучку випромінювання.  <b>Тема 7.2.</b> Налаштування оптичної системи за результатами аналізу пучка випромінювання.  Порівняння за точністю виконання процедури обидвох методів аналізу каустики променя.  <b>Література:</b> базова - [1] стор. 258 – 269; [2] Пр6Л11_12, слайди 2-6.  <u>Завдання на СРС:</u> Наведіть пристрої для трьох мірного сканування пучка випромінювання в фокальній області перетворюючого елемента з метою візуалізації каустики пучка та його прив'язки до робочої зони ЛТУ. Порівняйте розрахунком похибки визначення розміру перетину каустики для двох схем аналізу.  <i>Література додаткова</i> [3]</p>
15	<p><b>Тема 7.3.</b> Пристрої для позиціювання заготовки в ослабленому пучку випромінювання  Принципи підміни робочого режиму генерації лазерного проміню на слабкий режим. Проблеми точності такого способу налагодження.  <b>Література:</b> базова - [1] стор. 269 – 284; [2] Пр6Л11_12, слайди 7-13.  <u>Завдання на СРС:</u> Які особливості застосування малопотужного випромінювання однієї довжини хвилі при налагодженні відносного положення пучка випромінювання та заготовки?  <i>Література додаткова</i> –[3]</p>
16	<p><b>Тема 7.4.</b> Пристрої для позиціювання заготовки в каустиці пучка випромінювання, перетвореного ОПС, за допомогою випромінювання від додаткового джерела  Схеми налагодження відносного положення проміню та заготовки при її освітлення мало потужним випромінюванням видимого діапазону, засоби корекції відмінностей робочого та допоміжного променя.  Порівняльні характеристики точності налагодження за цими методами.  <b>Література:</b> базова - [1] стор. 269 – 284; [2] Пр6Л11_12, слайди 7-13.  <u>Завдання на СРС:</u> Які особливості застосування додаткового малопотужного випромінювання з довжиною хвилі видимого діапазону при налагодженні відносного положення пучка випромінювання та заготовки?  <i>Література додаткова</i> –[3]</p>
17	<p><b>Тема 7.5.</b> Пристрої для позиціювання заготовки відносно ОПС ЛТУ з візуальною оцінкою результату методом подвійного зображення  Порівняльні характеристики точності налагодження за цими методами. Експериментальне та аналітичне дослідження методів.  <b>Література:</b> базова - [1] стор. 285 – 306; [2] Пр6Л11_12, слайди 14-25.  <u>Завдання на СРС:</u> Оцініть порівняльну точність налагодження мікроскопного та методу подвійного зображення для випадку використання лінзи із скла (<math>n = 1,5</math>) з фокусною відстанню 100 мм за умови застосування робочого лазера <math>Nd^{+3}</math>: YAG для обробки та лазера He-Ne для відносного позиціювання каустики пучка випромінювання з кутом розбіжності <math>\theta = 0,002</math> радіану діаметром 7 мм. Окуляр мікроскопу (об'єктив – робоча лінза) має збільшення <math>\Gamma^* = 15</math>.  <i>Література додаткова</i> –[3]</p>
18	<p><b>Тема 7.6.</b> Автоматизація переходу відносного позиціювання ОПС та заготовки  Автоматизація процесу відносного позиціювання заготовки та пучка випромінювання. Застосування механічних (контактних) упорів та безконтактних систем (ємкісних, індуктивних, магнітних та пневматичних).  <b>Література:</b> базова - [1] стор. 306 – 318; [2] Пр6Л11_12, слайди 26-32.</p>

	<p><u>Завдання на СРС:</u> Розрахуйте параметри допоміжного телескопу для суміщення перетинів перетворених лінзою <math>\varnothing 20</math> мм з <math>F = 100</math> мм (<math>n = 1,5</math>) пучків випромінювання допоміжного лазера (<math>\lambda = 0,6328</math> мкм, <math>\varnothing 3</math> мм, <math>\theta = 0,001</math> радіана) та робочого (<math>\lambda = 1,06</math> мкм, <math>\varnothing 6</math> мм, <math>\theta = 0,003</math> радіана).</p> <p><i>Література додаткова – [1]</i></p>
19	<p><b>Тема 7.7. Пристрої для захисту поверхні оптичних елементів від продуктів лазерної ерозії</b> Класифікація засобів захисту за фізичним принципом дії. Механічні, електрофізичні та комбіновані засоби захисту.</p> <p><b>Література: базова</b> - [1] стор. 318 – 336; [2] Пр6Л11_12, слайди 33-39.</p> <p><u>Завдання на СРС:</u> Електростатичні та електромагнітні поля, поняття, утворення полів визначеної конфігурації та інтенсивності.</p> <p><i>Література додаткова –[3]</i></p>
20	<p><b>Тема 8.1. Різаки для подачі газу одного типу</b> <b>Тема 8.2. Різаки для одночасного формування струменів газу різного призначення (робочого та захисного)</b> <b>Тема 8.3. Елементи конструкції різаків, які необхідні для центрування їх сопел</b></p> <p>Конструювання різаків для подачі робочого (технологічного) газу. Проектування пристроїв для подачі системи газів (робочого та допоміжного). Різаки для подачі газу під кутом до осі пучка.</p> <p><b>Література: базова</b> - [1] стор. 337 – 351; [2] Пр7Л13_14, слайди 2-5.</p> <p><u>Завдання на СРС:</u> Вивчіть основні процеси при витіканні газів із сопла. Розрахунки кінематичних та динамічних параметрів газових струменів (дозвукових та над звукових).</p> <p><i>Література додаткова –[1]</i></p>
21	<p><b>Тема 9.1. Оптичні засоби підвищення поглинальної здатності поверхні заготовки</b> <b>Тема 9.2. Засоби для штучного підвищення поглинальної здатності поверхні заготовки</b> <b>Тема 9.3. Засоби оптимізації процесу поглинання енергії випромінювання поверхнею заготовки</b></p> <p>Класифікація технологічних схем опромінення за впливом на рівень поглинання променевої енергії заготовкою. Конструкція пристроїв для нанесення покриттів з твердих, рідких та газових поглиначів. Оптимізація процесу поглинання променевої енергії у зоні обробки.</p> <p><b>Література: базова</b> - [1] стор. 352 – 372; [2] Пр7Л13_14, слайди 8-15.</p> <p><u>Завдання на СРС:</u> Теорія Друде – залежність рівня поглинання електромагнітної енергії речовиною від її електропровідності.</p> <p><i>Література допоміжна –[1]</i></p>
22	<p><b>Тема 10.1. Настановні елементи пристосувань</b> <b>Тема 10.2. Затискні механізми пристосувань</b> <b>Тема 10.3. Приводи пристосувань</b></p> <p>Аналіз похибки установки заготовки у позицію для обробки. Приладдя для установки, базування заготовки, конструювання спеціальних опорних елементів столів ЛТК. Затискні механізми, конструкції їх приводів.</p> <p><b>Література: базова</b> - [1] стор. 373 – 391; Пр8Л15_16, слайди 2-10.</p> <p><u>Завдання на СРС:</u> Ознайомтесь та наведіть приклади універсальних збірних пристосувань (УЗП). Застосування елементів УЗП у технологічних операціях лазерної обробки – в чому їх переваги.</p> <p><i>Література базова:</i></p>
23	<p><b>Тема 11.1. Класифікація операцій лазерної поверхневої обробки.</b></p> <p>Вдосконалення операцій поверхневої термообробки: схеми опромінення, пристрої для перетворення пучків випромінювання.</p> <p><b>Література: базова</b> - [1] стор. 392 – 398; [2] Пр8Л15_16; .</p> <p><u>Завдання на СРС:</u> Які проблеми зустрічаються при застосуванні лазерної поверхневої обробки. Який вид термообробки являється конкурентним до лазерного поверхневого загартування. Доведіть їх відмінності та переваги кожного з них.</p> <p><i>Література додаткова: [4]</i></p> <p><b>Тема 11.2. Вдосконалення операцій поверхневого легування.</b></p> <p>Пропонується новий метод постачання модифікатору у шар легування.</p> <p><u>Завдання на СРС:</u> Оцінити відносне змінення ширини контурної лінії по полю фокальної площини сферичної лінзи <math>\varnothing 30</math> мм (<math>n = 1,5</math>) з фокусною відстанню <math>F = 100</math> мм на відстані 50 мм від її центра (<math>\lambda = 0,6943</math> мкм, <math>\varnothing 6</math> мм, <math>\theta = 0,003</math> радіана - [1] стор. 398 – 401; [2] Пр8Л17; допоміжна –[1].</p> <p><u>Завдання на СРС:</u> Який механізм взаємодії між матеріалом матриці та модифікатору складає основу легування поверхневого шару заготовки. Виконайте аналіз механізмів при різних видах контакту матеріалів матриці та модифікатору. Спробуйте запропонувати діючу схему створення ідеального контакту між цими матеріалами</p> <p><i>Література додаткова:</i></p> <p><b>Тема 11.3. Розробка операції аморфізації (glazing process) поверхні виробу при лазерному нагріві.</b></p>

	<p>Розробка способу та приладів для прикладних операцій аморфізації поверхні заготовки.</p> <p><b>Література: базова</b> - [1] стор. 402 – 406; [2] Пр8Л18;</p> <p><b>Завдання на СРС:</b> Визначити режим лазерного опромінення, який може бути застосованим для формування аморфних плівок або шарів на поверхнях виробу. Встановіть, що заважає процесу аморфізації крім швидкості кристалізації структури матеріалу при його затвердінні. Розрахуйте параметри пристрою для формування доріжки з аморфної плівки на поверхні плоского виробу довжиною 20 мм. Оберіть потрібний матеріал плівки, ефективний лазер та кути клину для реалізації операції.</p> <p><i>Література додаткова .</i></p> <p><b>Тема 11.4.</b> Розробка пристроїв для комбінованої (з поверхневою пластичною деформацією) лазерної обробки поверхні.</p> <p>Схеми комбінованої (з ППД) поверхневої обробки для створення регулярного мікрорельєфу</p> <p><b>Література: базова</b> - [1] стор. 406 – 423; [2] Пр8Л19_22; допоміжна –[1].</p> <p><b>Завдання на СРС:</b> Ознайомтеся з основами теорії пластичності, основними розрахунковими схемами. Розрахунки умов та пристроїв для поверхневої пластичної деформації виробів. Конструювання інденторів для формування регулярного мікрорельєфу</p> <p><i>Література додаткова:</i></p>
24	<p><b>Тема 12.1.</b> Пристосування для позиціювання заготовок в зоні обробки</p> <p>Розробка пристроїв для позиціювання заготовок, що зварюються, з щільним контактом зони зварювання</p> <p><b>Література: базова</b> - [1] стор. 424 – 429; [2] Пр9Л16_18, слайди 2-4.</p> <p><b>Завдання на СРС:</b> Який режим опромінення потребує операція зварювання з “кинджальним” проплавленням: проблеми якості поверхні шва.</p> <p><i>Література допоміжна: -</i></p> <p><b>Тема 12.2.</b> Пристрої для формування зварювального шва. Методи оптимізації форми та якості зварювальної ванни</p> <p>Схеми багато елементних оптичних систем для формуванні на поверхні виробів, що зварюються, температурних полів заданого профілю.</p> <p><b>Література: базова</b> - [1] стор. 429 – 436; [2] Пр9Л18_16, слайди 5-7.Х4Ъ</p> <p><b>Завдання на СРС:</b> Розрахуйте радіуси кривизни лінзи у її центрі та на периферії, якщо потрібно «втягнути» фокальну область каустики на 30%.</p> <p><i>Література допоміжна: - [4]</i></p>
25	<p><b>Тема 13.1.</b> Нанесення змісту знаку (малюнка) методом його копіювання з маски (трафарету)</p> <p>Класифікація методів поверхневого гравірування. Розробка пристроїв для обробки за схемою копіювання змісту малюнка із змінним змістом малюнка.</p> <p><b>Література: базова</b> - [1] стор. 438 - 451; [2] Пр9Л16_18, слайди 12-18.</p> <p><b>Завдання на СРС:</b> Проаналізувати якісні характеристики операцій гравірування копіюванням та застосувати схему активного проекційного методу розмірної обробки в операціях поверхневого гравірування.</p> <p><i>Література допоміжна:</i></p>
26	<p><b>Тема 13..2.</b> Пристрої для гравірування малюнка шляхом обходу пучком випромінювання його змісту та контуру</p> <p>Засоби швидкісного програмного сканування лазерним променем. Розробка та вдосконалення схем та пристроїв для комбінованого гравірування.</p> <p><b>Література: базова</b> - [1] стор. 451 - 462; [2] Пр9Л16_18, слайди 19-23.</p> <p><b>Завдання на СРС:</b> Оцінити відносне змінення ширини контурної лінії по полю фокальної площини сферичної лінзи <math>\varnothing 30</math> мм (<math>n = 1,5</math>) з фокусною відстанню <math>F = 100</math> мм на відстані 50 мм від її центра (<math>\lambda = 0,6943</math> мкм, <math>\varnothing 6</math> мм, <math>\theta = 0,003</math> радіана)</p> <p><i>Література допоміжна: -</i></p> <p><b>Тема 13.3.</b> Пристрої для гравірування малюнка за комбінованою схемою</p> <p>Порівняння за ефективністю контурне та комбіноване гравірування.</p> <p><b>Література: базова</b> - [1] стор. 462 - 468; [2] Пр9Л16_18, слайди 24-27.</p> <p><b>Завдання на СРС:</b> Оцінити переваги та недоліки відомих комбінованих схем гравірування за якістю малюнка, продуктивності операції та складності її технологічного оснащення</p> <p><i>Література базова:</i></p>
27	<p><b>Тема 14.1.</b> Пристрої для забезпечення належних результатів розрізання</p> <p>Класифікація методів розмірного розділення листової заготовки на складові відносно типу матеріалу, виду та розмірів виробів.</p> <p>Вимоги до технологічного устаткування для контурного вирізання. Склад ЛТУ з необхідним технологічним оснащенням.</p>



	<p><b>Література: базова</b> - [1] стор. 471 – 491; Пр10Л19_20, слайди 2; .  <b>Завдання на СРС:</b> Наведіть схему або блок-схему ЛТУ із спрощеною реалізацією принципу п'яти координатного вирізання фасонних виробів із не плоскої заготовки  <b>Тема 14.2.</b> Пристрої для формування контуру виробу, що вирізається  Прилади для формування простих та складних за формою контурів вирізання. Використання асиметричних пучків для керування профілю різь.  <b>Література: базова</b> - [1] стор. 491 – 499; [2] Пр10Л19_20, слайди 3-12; .  <b>Завдання на СРС:</b> Розробити відповідно до наведеного алгоритму програму для визначення параметрів асиметричних пучків випромінювання, перетворених ексцентричною лінзою  <b>Тема 14.3.</b> Технологічне оснащення систем з адаптивною організацією операції контурного різання  <b>Література: базова</b> - [1] стор. 476 – 508; [2] Пр10Л19_20, слайди 12_13; .  <b>Завдання на СРС:</b> Ознайомитися з основами та принципами теорії автоматичного регулювання. Вимоги до складу та побудови систем автоматичного керування.  <i>Література додаткова:</i></p>
28	<p><b>Тема 15.1.</b> Пристосування для підвищення ефективності операцій ЛРО  Розробка схем обробки та приладів для підвищення ефективності та продуктивності технологічних операцій обробки отворів.  <b>Література: базова</b> - [1] стор. 509 – 519; [2] Пр10Л18_20, слайди 2-3.  <b>Завдання на СРС:</b> Оцініть зручність та ефективність наведених методів та засобів підвищення ефективності використання енергії лазерного випромінювання в технологічних операціях. Запропонуйте інші схеми впливу на рівень поглинання. Чим можна вплинути на продуктивність технологічної операції розмірної обробки? Що таке «оптимальна організація» операції лазерної обробки отворів  <i>Література додаткова:</i> [5], базова [4]  <b>Тема 15.2.</b> Засоби підвищення якості результатів технологічної операції  Класифікація методів та засобів підвищення якості обробки. Комбіновані схеми обробки якісних отворів.  <b>Література: базова</b> - [1] стор. 520 – 531; [2] Пр10Л18_20, слайди 4, 5.  <b>Завдання на СРС:</b> Норми точності та якості отворів круглої та не круглої форми. Наведіть або запропонуйте методи додаткового доопрацювання (калібрування) отворів під час або після виконання операції лазерної обробки  <i>Література допоміжна:</i> [4]</p>
29	<p><b>Тема 16.1.</b> Засоби контролю за станом елементів ЛТУ та керування її вихідними параметрами/  Розробка схем автоматизації з контролем прямих та непрямих показників операції (стан лінзи, випромінювача).  Елементна база засобів автоматизації.  Література: базова - [1] стор. 532 – 535; Пр10Л18_20, слайд 6.  <b>Завдання на СРС:</b> Яким чином можна виключити необхідність контролювати стан лінзи, вихідного вікна лазера та його резонатору? Запропонуйте шляхи реалізації цих ідей.  <b>Тема 16.2.</b> ЛТУ із засобами безпосереднього контролю результатів операції та керування їх рівнем.  Елементна база засобів автоматизації. Прилади активного контролю в операціях лазерної обробки. Вплив особливостей інструменту – лазерного променя на вибір засобів активного контролю розмірів обробки.  Література: базова - [1] стор. 532 – 535; Пр10Л18_20, слайд 6.  <b>Завдання на СРС:</b> Яким чином можна виключити необхідність контролювати стан лінзи, вихідного вікна лазера та його резонатору? Запропонуйте шляхи реалізації цих ідей.  <b>Тема 16.3.</b> Адаптивні форми організації технологічної операції  Створення схем та конструкцій ЛТУ за адаптивними принципами організації технологічних операцій. Вимірювання прямих та непрямих параметрів процесу для створення інформаційної бази для оцінювання ходу обробки.  Література: базова - [1] стор. 541 - 560; [2] Пр10Л18_20, слайди 8-11.  <b>Завдання на СРС:</b> Наведіть алгоритм функціонування ЛТУ для різних форм адаптивної організації операції. Які відмінності вимірювальних пристроїв для різних алгоритмів? Наведіть приклади операцій лазерної обробки, де можливе застосування повністю автоматизованого циклу їх організації  <i>Література базова:</i> [4]</p>

## 5.2. Практичні заняття

Цикл практичних занять має ціллю практичного закріплення головних тем освітнього компоненту, які засвоєно теоретично. В зв'язку з тим, що головним завданням дисципліни є надання знань і умінь розробки схем та конструкцій елементів лазерної техніки та технологічного оснащення операцій та набуття досвіду проектування, практичні аудиторні заняття присвячені реалізації його етапів під керівництвом викладача.

Іншим завданням занять є надбання уміння захисту розробок, для чого найбільш вдалі та працездатні рішення, які створені студентами, підвергаються аналізу на патентну чистоту з метою оформлення заявки у відповідну інстанцію для оформлення документу інтелектуальної власності (патенту на винахід або корисну модель).

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	<p><b>Розділ 2. Засоби та внутрішні (в резонаторі) пристрої для керування параметрами пучка випромінювання</b></p> <p><b>Тема 2.1.</b> Пристрої для керування енергетичними параметрами пучка лазерного випромінювання. Заняття 1. Прилад для плавного змінення енергії (потужності) пучка лазерного випромінювання з лінійною поляризацією.</p> <p><b>Тема 2.2.</b> Пристрої для керування енергетичними параметрами пучка лазерного випромінювання Заняття 2. Розрахунок оптичних якостей пристроїв для змінення напрямку осі пучка випромінювання.</p> <p><b>Тема 2.3.</b> Пристрої для зміни часових характеристик імпульсного режиму випромінювання Заняття 3. Кінематичні розрахунки модуляторів на ефекті Доплера для різних за розмірами та складом активних середовищ. Кінематичні розрахунки модуляторів механічного типу.</p>
2	<p><b>Розділ 3. Засоби зовнішнього (поза резонаторного) керування параметрами пучка випромінювання</b></p> <p><b>Тема 3.2.</b> Засоби управління формою перетину пучка лазерного випромінювання Заняття 4. Розрахунок оптичної системи (біпризма – об'єктив) для перетворення круглого попереку в прямокутний.</p> <p><b>Тема 3.4.</b> Пристрої для перекриття пучка випромінювання (заслінки, затвори) Заняття 5. Конструювання заслінок для лазерів різної потужності (до 500 Вт, до 1,5 кВт та &gt; 3,0 кВт). Розрахунки теплових потоків від опромінення приймального (дзеркального) елемента, матеріали останнього та проектування системи охолодження.</p>
3	<p><b>Розділ 4. Пристрої для контролю параметрів пучка лазерного випромінювання</b></p> <p><b>Тема 4.1.</b> Прибори для виміру інтегральних характеристик пучка лазерного випромінювання Заняття 6. Проектування вимірювачів енергетичних характеристик пучка випромінювання тупикової та прохідної конструкцій. Розрахунок параметрів вимірювача потужності пучка випромінювання із газовим активним середовищем</p> <p><b>Тема 4.2.</b> Прилади для аналізу розподілу інтенсивності випромінювання в перетині пучка Заняття 7. Силові, кінематичні та динамічні розрахунки аналізаторів пучка на дзеркалі у вигляді смужки, на оптичних різновисоких світловодах та на спиці.</p>
4	<p><b>Розділ 5. Оптичні системи для транспортування пучка випромінювання до зони обробки</b></p> <p><b>Тема 5.1.</b> Транспортувальні системи на оптичних елементах Заняття 8. Оптичні розрахунки щільності фільтруючих оптичних елементів відповідно до різних законів розподілу інтенсивності у перерізі пучку випромінювання. Вибір параметрів дзеркальних розподільувачів пучка випромінювання.</p> <p><b>Тема 5.2.</b> Оптиковолоконна техніка для транспортування енергії випромінювання Заняття 9. Розрахунки волоконних світловодів з малою та великою відстанню транспортування лазерної енергії. Вибір параметрів лінз для корекції параметрів та фокусування пучка після світловоду.</p> <p>Заняття 11. Кінематичні та габаритні розрахунки дзеркальних дефлекторів. Параметри дефлекторів на прозорих елементах.</p> <p>Заняття 12. Розрахунки колективних лінз. Розробка алгоритму проектування двох турельного трансфокатора з дискретним змінням фокусної відстані.</p> <p>Заняття 13. Динамічні розрахунки трансфокатора с плавним змінням фокальної його відстані за рахунок використання нахилу фокусувальної лінзи. Оптичні, кінематичні та динамічні розрахунки елементів трансфокатора з плавним керуванням його фокальною відстанню за рахунок змінення кривизни однієї з її перетворюючих поверхонь.</p>

5	<p align="center"><b>Розділ 6. Оптична перетворювальна система</b></p> <p><b>Тема 6.1.</b> Засоби концентрації енергії випромінювання в зоні обробки Заняття 14. Трансфокатори дискретні та з плавним змінням фокусної відстані. Оптичні розрахунки, проектування приводів обертання та нахилу оптичного елемента</p> <p><b>Тема 6.2.</b> Оптичні сканувальні пристрої (дефлектори) Заняття 15. Проектування дефлекторів на дзеркальних елементах. Вимоги до закону руху променя. Обертальні та коливальні приводи. Дефлектори на заломлюючих елементах. Прилади для спеціальних законів сканування (двома променями).</p>
6, 7	<p align="center"><b>Розділ 7. Оптична налаштовувально-наглядова система</b></p> <p><b>Тема 7.2.</b> Пристрої для позиціонування заготовки за результатами аналізу каустики пучка випромінювання. Заняття 16. Розрахування точності позиціонування за аналізом каустики пучка випромінювання</p> <p><b>Тема 7.3.</b> Пристрої для позиціонування заготовки в ослабленому пучку випромінювання Заняття 17. Розрахування похибки позиціонування в ослабленому пучку по відношенню до його робочого стану.</p> <p><b>Тема 7.4.</b> Пристрої для позиціонування заготовки в каустиці пучка випромінювання, перетвореного ОПС, за допомогою випромінювання від додаткового джерела Заняття 18. Вибір параметрів оптичного пристрою для відносного позиціонування оптичної системи та заготовки у додаткових променях світла. Розрахунок системи двох зображень для позиціонування заготовки у задане місце каустики пучка випромінювання.</p> <p><b>Тема 7.6.</b> Автоматизація переходу відносного позиціонування ОПС та заготовки Заняття 19. Розрахунок електричних параметрів датчиків положення (ємкісних та індуктивних), магнітних характеристик датчика та заготовки та пневматичної характеристики датчиків тиску.</p>
8	<p align="center"><b>Розділ 8. Різакі для операцій лазерної обробки</b></p> <p><b>Тема 8.1.</b> Різакі для подачі газу одного типу Завдання 20. Конструювання різаків із регулюванням кутового положення сопла</p>
9	<p align="center"><b>Розділ 9.. Засоби підвищення поглинальної здатності поверхні заготовки</b></p> <p><b>Тема 9.2.</b> Засоби для штучного підвищення поглинальної здатності поверхні заготовки Заняття 21. Проектування різаків для покриття поверхні заготовки в зоні опромінення із газового струменя (із спалюванням газу та його розкладанням)</p>
10	<p align="center"><b>Розділ 11. Технологічне оснащення операцій лазерної поверхневої обробки</b></p> <p><b>Тема 11.3.</b> Аморфізація поверхні з лазерним опромінюванням Заняття 22. Розрахунок оптимальних умов опромінювання поверхні заготовки під час нанесення аморфної плівки. Вибір параметрів оптичного клину пристрою для аморфізації поверхні великої довжини.</p> <p><b>Тема 11.4.</b> Комбінована з поверхнево-пластичною деформацією поверхнева лазерна обробка Заняття 23. Розрахунок параметрів пружної системи навантаження роликів-інденторів під час лазерного зміцнення поверхні з її Поверхнево-Пластичною Деформацією (ППД). Вибір розмірних параметрів інденторів на поверхні роликів для нанесення регулярного мікрорельєфу.</p>
11	<p align="center"><b>Розділ 12. Технологічне оснащення операцій лазерного зварювання</b></p> <p><b>Тема 12.1.</b> Пристосування для позиціонування заготовок в зоні обробки Заняття 24. Конструювання засобів забезпечення стику заготовок без зазору при зварюванні в стик та внапусток</p>
12, 13	<p align="center"><b>Розділ 13. Технологічне оснащення операцій лазерного гравірування</b></p> <p><b>Тема 13.1.</b> Нанесення змісту знаку (малюнка) методом його копіювання з маски (трафарету) Заняття 25. Виконання проектування пристрою для нанесення малюнків з маски, розташованій на поверхні заготовок при їх безперервному переміщенні під лазерним променем.</p> <p><b>Тема 13.2.</b> Пристрої для гравірування малюнка шляхом обходу пучком випромінювання його змісту та контуру Заняття 26. Визначення режимів гравірування виробів із термопластів з формуванням опуклого сліду діяння.</p> <p><b>Тема 13.3.</b> Пристрої для гравірування малюнка за комбінованою схемою Заняття 27. Розробка конструкції та технології виготовлення мозаїчного дзеркала для реалізації комбінованої схеми гравірування</p>
14	<p align="center"><b>Розділ 14. Технологічне оснащення операцій контурного вирізання лазерним променем</b></p> <p><b>Тема 14.1.</b> Пристрої для забезпечення належних результатів (кількісних та якісних) Заняття 28. Проектування вузла оптичної головки для формування різку з керуємим нахилом його стінок</p>

	<p><b>Тема 14.2.</b> Пристрої для формування контуру виробу, що вирізається</p> <p><i>Заняття 29.</i> Проектування засобу змінення напрямку лінійної поляризації пучка випромінювання для відстежування контуру, що вирізається</p> <p><b>Тема 14.3.</b> Технологічне оснащення систем з адаптивною організацією операції контурного різання</p> <p><i>Заняття 30.</i> Побудування графічних залежностей швидкості різання в залежності від товщини заготовки, з якої вирізається виріб (при постійному рівні потужності променя)</p>
15	<p><b>Розділ 15. Технологічне оснащення операцій лазерної розмірної обробки</b></p> <p><b>Тема 15.1.</b> Пристосування для підвищення ефективності операції</p> <p><i>Заняття 31.</i> Розробка модулятора пучка випромінювання для формування отворів із періодичним змінням структури матеріалу заготовки</p> <p><b>Тема 15.2.</b> Засоби підвищення якості результатів технологічної операції</p> <p><i>Заняття 32.</i> Вибір параметрів пристрою з вдосконаленням режиму обробки отворів за рахунок їх доробки додатковим імпульсом випромінювання. Проектування пневматичної системи утримання заготовки під час розмірної обробки в ній отвору пучком лазерного випромінювання.</p>
17, 18	<p><b>Розділ 16 Автоматизовані та адаптивні системи лазерної обробки</b></p> <p><b>Тема 16.1.</b> Засоби контролю за станом елементів ЛТУ та керування її вихідними параметрами</p> <p><i>Заняття 33.</i> Проектування пристрою для періодичного оцінювання прозорості оптичного елемента перетворюючої системи</p> <p><b>Тема 16.2.</b> ЛТУ із засобами безпосереднього контролю результатів операції та керування їх рівнем</p> <p><i>Заняття 34.</i> Проектування пристрою з оцінюванням поточного розміру отвору під час обробки фотоелектричними датчиками.</p> <p><b>Тема 16.3.</b> Адаптивні форми організації технологічної операції</p> <p><i>Заняття 35.</i> Вибір параметрів адаптивної системи розмірної обробки отворів з пневматичним контролем їх розмірів та керуванням умовами опромінювання</p>
<p><b>Дидактичні матеріали:</b> базова література [2]</p> <p><b>Література:</b> базова [4 – 6], додаткова [1], [2]; [3], [4].</p>	

### 5.3. Лабораторні заняття

Лабораторні заняття не передбачено робочим навчальним планом.

## 6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	<p><b>Розділ 1. Структура технологічної системи, що обробляє</b></p> <p><u>Завдання на СРС:</u> Залежність структури ТОС та напрямків розробки оснащення від призначення технологічного обладнання, типу випромінювача та режиму його роботи.</p> <p>Міжнародна та державна патентна класифікації. Визначення класів, які торкаються лазерної техніки, лазерної технології та технологічного оснащення загального призначення.</p>	1
2	<p><b>Розділ 2. Засоби керування параметрами випромінювання, які розташовуються усередині резонатора випромінювача</b></p> <p><u>Завдання 1 на СРС:</u> Які засоби використовуються в серійних конструкціях лазерів для керування енергетичними параметрами пучка випромінювання? Оцініть можливості такого керування режимом роботи лазера. Виявіть причини такого впливу на режим генерації обраного методу керування роботою лазера.</p> <p><u>Завдання 2 на СРС:</u> Що визначає просторові параметри пучка випромінювання? Чому неможливо впливати окремо на кожну характеристику пучка випромінювання запропонованим методом керування режимом роботи лазера. Наведіть схеми пристроїв, які на ваш погляд справляються з завданням параметричного керування роботою лазера.</p> <p><u>Завдання 3 на СРС:</u> Який головний принцип впливу на роботу лазера лежить в основі зміни добротності його резонатора. Які режими генерації лазера досягаються зміною добротності резонатора? За якими ознаками класифікують модулятори добротності лазерів?</p>	2

	<p><u>Завдання 4 на СРС:</u> Привести альтернативні схеми резонаторних модуляторів випромінювання для різноманітних типів лазерів /із газовим активним середовищем, на. рубіні і на неодимових активних центрах/. Обґрунтувати застосування тієї або іншої схеми модуляції в кожному випадку й увявити ескізний проект обраних засобів. Схеми пасивного затвора</p>	
3	<p><b>Розділ 3. Засоби зовнішнього (поза резонаторного) керування параметрами пучка випромінювання</b></p> <p><u>Завдання 1 на СРС:</u> Наведіть схеми фільтрації пучка випромінювання та перебудови його перетину для управління розподілом потужності на поверхні заготовки. В яких операціях застосовуються ці пристрої. Які залежності можна використовувати для вибору параметрів фільтрів або оптичних елементів</p> <p><u>Завдання 2 на СРС:</u> Запропонуйте схему паралельного зміщення осі пучка, який можна розташувати між лазером та оптичною системою для суміщення їх оптичних осей. Для яких за формою перетинів пучка випромінювання застосовують його перебудову з метою оптимізації умов опромінення заготовки з прямокутними межами поверхні.</p> <p><u>Завдання 3 на СРС:</u> Як залежить склад заслінки від потужності лазера, призначення заслінки та операції, що виконується на ЛТУ?</p>	2
4	<p><b>Розділ 4. Засоби контролю характеристик випромінювання та параметрів його пучка</b></p> <p><u>Завдання 1 на СРС:</u> Розробити схему відбору проб потужності пучка випромінювання для постійного контролю його рівня потужності, включаючи час виконання технологічної операції. Які чутливі датчики використовуються в приладах з прямим методом оцінювання рівня потужності (енергії)?</p> <p><u>Завдання 2 на СРС:</u> Датчики для аналізаторів (фотоелектричні, пневматичні, піроприймач, датчики опору та ін.). Їх частотні, часові та характеристики швидкодії. Схеми точкового відбору потужності вздовж однієї та двох координат попереку пучка випромінювання</p>	1
5	<p><b>Розділ 5. Оптична транспортувальна система</b></p> <p><u>Завдання 1 на СРС:</u> Складіть схему постачання енергії лазерного випромінювання для :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- послідовних споживачів;</li> <li>- для паралельно працюючих зон обробки.</li> </ul> <p>Визначте параметри дзеркальної оптики для поділу пучка на складові.</p> <p><u>Завдання 2 на СРС:</u> Розрахуйте параметри пристрою вводу пучка випромінювання <math>\varnothing 8</math> мм у оптичне волокно <math>\varnothing 100</math> мкм із плавленого кварцу (показник заломлення <math>n = 1,5</math>) в полімерній оболонці (<math>n = 1,25</math>).</p> <p>Розрахуйте параметри коригуючої лінзи для придання пучку випромінювання на виході з волоконного кабелю кут розбіжності <math>0,003</math> радіана.</p> <p>Спроектуйте оптичну перетворюючу систему для концентрації пучка випромінювання (<math>\lambda = 1,06</math> мкм) в зону опромінення <math>\varnothing 0,03</math> мм</p>	1
6	<p><b>Розділ 6. Оптична перетворювальна система</b></p> <p><u>Завдання 1 на СРС:</u> Розрахуйте параметри мульти-лінзової фокуруючої системи (колективна лінза) для одночасної обробки системи отворів в ситах для сортування кристалів <math>\varnothing 0,1</math> мм, розташованих з кроком <math>3</math> мм на поверхні дна стакану <math>\varnothing 30</math> мм із латуні ЛС59 завтовшки <math>0,05</math> мм.</p> <p><u>Завдання 2 на СРС:</u> Навести схеми перетворення пучка лазерного випромінювання оптичним клином, призмами, сферичними та несферичними оптичними елементами. Закономірності проходження через ці елементи параксіальних пучків (геометрична оптика). Променевий пакет. Сканери для сканування променя в фізіотерапевтичних установках</p>	3
7	<p><b>Тема 7. Оптична налаштовувально-наглядова система</b></p> <p><u>Завдання 1 на СРС:</u> Наведіть пристрої для трьох мірного сканування пучка випромінювання в фокальній області перетворюючого елемента з метою візуалізації каустики пучка та його прив'язки до робочої зони ЛТУ. Порівняйте розрахунком похибки визначення розміру перетину каустики для двох схем аналізу</p> <p><u>Завдання 2 на СРС:</u> Які особливості застосування додаткового малопотужного випромінювання з довжиною хвилі видимого діапазону при налагодженні відносного положення пучка випромінювання та заготовки?</p>	4

	<p><u>Завдання 3 на СРС:</u> Оцініть порівняльну точність налагодження мікроскопного та методу подвійного зображення для випадку використання лінзи із скла (<math>n = 1,5</math>) з фокусною відстанню 100 мм за умови застосування робочого лазера Nd<sup>+3</sup>: YAG для обробки та лазера He-Ne для відносного позиціонування каустики пучка випромінювання з кутом розбіжності <math>\theta = 0,002</math> радіана діаметром 7 мм. Окуляр мікроскопу (об'єктив – робоча лінза) має збільшення <math>\Gamma^* = 15</math>.</p> <p><u>Завдання 4 на СРС:</u> Розрахуйте параметри допоміжного телескопу для суміщення перетинів перетворених лінзою <math>\varnothing 20</math> мм з <math>F = 100</math> мм (<math>n = 1,5</math>) пучків випромінювання допоміжного лазера (<math>\lambda = 0,6328</math> мкм, <math>\varnothing 3</math> мм, <math>\theta = 0,001</math> радіана) та робочого (<math>\lambda = 1,06</math> мкм, <math>\varnothing 6</math> мм, <math>\theta = 0,003</math> радіана)</p> <p><u>Завдання 5 на СРС:</u> Електростатичні та електромагнітні поля, поняття, утворення полів визначеної конфігурації та інтенсивності.</p>	
8	<p><b>Тема 8. Різачи для операцій лазерної обробки</b></p> <p><u>Завдання на СРС:</u> Вивчіть основні процеси при витіканні газів із сопла. Розрахунки кінематичних та динамічних параметрів газових струменів (дозвукових та над звукових).</p>	2
9	<p><b>Тема 9. Засоби підвищення та оптимізації рівня поглинання енергії випромінювання поверхнею заготовки</b></p> <p><u>Завдання на СРС:</u> Теорія Друде – залежність рівня поглинання електромагнітної енергії речовиною від її електропровідності</p>	2
11	<p><b>Тема 11. Технологічне оснащення операцій лазерної поверхневої обробки</b></p> <p><u>Завдання 1 на СРС:</u> Які проблеми зустрічаються при застосуванні лазерної поверхневої обробки. Який вид термообробки являється конкурентним до лазерного поверхневого загартовування. Доведіть їх відмінності та переваги кожного з них.</p> <p><u>Завдання 2 на СРС:</u> Який механізм взаємодії між матеріалом матриці та модифікатору складає основу легування поверхневого шару заготовки. Виконайте аналіз механізмів при різних видах контакту матеріалів матриці та модифікатору. Спробуйте запропонувати діючу схему створення ідеального контакту між цими матеріалами</p> <p><u>Завдання 3 на СРС:</u> Визначити режим лазерного опромінення, який може бути застосованим для формування аморфних плівок або шарів на поверхнях виробу. Встановіть, що заважає процесу аморфізації крім швидкості кристалізації структури матеріали при його затвердінні. Розрахуйте параметри пристрою для формування доріжки з аморфної плівки на поверхні плоского виробу довжиною 20 мм. Оберіть потрібний матеріал плівки, ефективний лазер та кути клину для реалізації операції.</p> <p><u>Завдання 4 на СРС:</u> Ознайомтеся з основами теорії пластичності, основними розрахунковими схемами. Розрахунки умов та пристроїв для поверхневої пластичної деформації виробів. Конструювання інденторів для формування регулярного мікрорельєфу</p>	4
12	<p><b>Тема 12. Технологічне оснащення операцій лазерного зварювання</b></p> <p><u>Завдання 1 на СРС:</u> Який режим опромінення потребує операція зварювання з “кінджальним” проплавленням: проблеми якості поверхні шва.</p> <p><u>Завдання 2 на СРС:</u> Розрахуйте радіуси кривизни лінзи у її центрі та на периферії, якщо потрібно «втягнути» фокальну область каустики на 30%.</p>	1
13	<p><b>Тема 13. Технологічне оснащення операцій лазерного гравірування</b></p> <p><u>Завдання 1 на СРС:</u> Проаналізувати якісні характеристики операцій гравірування копіюванням та застосувати схему активного проєкційного методу розмірної обробки в операціях поверхневого гравірування</p> <p><u>Завдання 2 на СРС:</u> Оцінити відносне зміння ширини контурної лінії по полю фокальної площини сферичної лінзи <math>\varnothing 30</math> мм (<math>n = 1,5</math>) з фокусною відстанню <math>F = 100</math> мм на відстані 50 мм від її центра (<math>\lambda = 0,6943</math> мкм, <math>\varnothing 6</math> мм, <math>\theta = 0,003</math> радіана)</p> <p><u>Завдання 3 на СРС:</u> Оцінити переваги та недоліки відомих комбінованих схем гравірування за якістю малюнка, продуктивності операції та складності її технологічного оснащення.</p>	3
14	<p><b>Тема 14. Технологічне оснащення операцій контурного вирізання лазерним променем</b></p> <p><u>Завдання 1 на СРС:</u> Наведіть схему або блок-схему ЛТУ із спрощеною реалізацією принципу п'яти координатного вирізання фасонних виробів із не плоскої заготовки</p> <p><u>Завдання 2 на СРС:</u> Розробити відповідно до наведеного алгоритму програму для визначення параметрів асиметричних пучків випромінювання, перетворених ексцентричною лінзою.</p>	1

	<u>Завдання 3 на СРС:</u> Ознайомитися з основами та принципами теорії автоматичного регулювання. Вимоги до складу та побудови систем автоматичного керування	
15	<b>Тема 15. Технологічне оснащення операцій лазерної розмірної обробки</b> <u>Завдання 1 на СРС:</u> Оцініть зручність та ефективність наведених методів та засобів підвищення ефективності використання енергії лазерного випромінювання в технологічних операціях. Запропонуйте інші схеми впливу на рівень поглинання. Чим можна вплинути на продуктивність технологічної операції розмірної обробки? Що таке «оптимальна організація» операції лазерної обробки отворів <u>Завдання 2 на СРС:</u> Норми точності та якості отворів круглої та не круглої форми. Наведіть або запропонуйте методи додаткового доопрацювання (калібрування) отворів під час або після виконання операції лазерної обробки	<b>2</b>
16	<b>Тема 16. Засоби автоматизації та адаптивної організації операції лазерної обробки</b> <u>Завдання 1 на СРС:</u> Яким чином можна виключити необхідність контролювати стан лінзи, вихідного вікна лазера та його резонатору? Запропонуйте шляхи реалізації цих ідей. <u>Завдання 2 на СРС:</u> Які чутливі елементи (датчики) можна застосувати для автоматизації контрольних операцій, що виконуються одночасно з процесом обробки? Порівняйте їх за зручністю застосування, надійністю роботи в умовах інтенсивного випаровування матеріалу заготівки протягом операції <u>Завдання 3 на СРС:</u> Наведіть алгоритм функціонування ЛТУ для різних форм адаптивної організації операції. Які відмінності вимірювальних пристроїв для різних алгоритмів? Наведіть приклади операцій лазерної обробки, де можливе застосування повністю автоматизованого циклу їх організації	<b>1</b>
<b>Література:</b> базова [3, 4, 5, 6], додаткова [4, 5, 6, 9]		

## 7. Політика викладання та засвоєння освітнього компоненту

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 компетенції 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 засвоєнні матеріалів дисципліни, більш визначальним є **активність, цікавість, творчість** при виконанні завдань, рішенні тривіальних задач, що проявляється в 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 задалегідь 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. До того ж повинна привести культура використання засобів зв'язку їх наставниками, тобто викладачами, які зобов'язані особистим прикладом, не вимикаючи гаджети, пересікати любі можливості зовнішнього втручання у процес навчання будь ким. Такий підхід дозволяє широко залучати до творчого процесу навчання можливості, **бази даних інтернету**, засобів обчислювальної техніки та наглядних матеріалів та пристроїв.

Деякі види навчання, такі як **практичні заняття**, 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 аудиторіях, повинна вимагатися **готовність відповідного рівня** до мети роботи, **наявність** у студента вихідних даних, бланків

відповідності та витратних матеріалів у визначеному вигляді. Порядок, умови його оцінки повинні враховувати особливості виду занять та знайти відбиття в рейтинговій системі оцінювання (PCO).

Подібний підхід повинне мати оцінювання якості виконання **індивідуальних робіт** (домашньої контрольної, розрахунково-графічної та курсової роботи або курсового проекту). По-перше, в змісті роботи необхідно визначати її відповідність завданню. По-друге, рівень завершеності рішення, в третіх, оригінальність обраної методики розробленого способу або схеми, складу та конструкції створеного засобу, при чому найвищий бал повинен надаватися об'єктам з оформленими заявками на документ інтелектуальної власності (патент). Дуже важливою складовою оцінюючого балу роботи повинна бути оцінка лексики, переконливості та якості захисту своєї розробки, в тому числі, при відстоюванні обраної позиції.

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 відбиватися в PCO.

Інші правила та етапи засвоєння освітнього компоненту, включаючи проведення перевірку 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

### Поточний контроль.

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

### Календарний контроль.

Для контролю поточного стану виконання вимог **силлабусу** двічі на семестр за графіком навчального процесу Університету або Інституту проводяться модульні контрольні роботи, тема яких викладена в Додатку Б до силлабусу, а система оцінювання наведена в PCO освітнього компоненту.

### Семестровий контроль.

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

### Рейтингова система оцінювання результатів навчання студентів

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

Семестр	Всього (кредит/годин)	Розподіл годин за видами занять						СРС	Кількість МКР	Вид інд. завд.	Семестрова атестація	
		Лекції	Практичні заняття	Семінари	Лабораторні роботи	Комп'ютерний практикум	Всього					На виконання індивід. завдань
2	5.0/150	72	18	–	-	-	60	30	2	-	екзамен	

1. Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується виходячи із 100-бальної шкали, з них **52 бали складає стартова шкала**. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:

- роботу на аудиторних заняттях (**18 занять**);
- виконання модульних контрольних робіт (**2 МКР**)



## 2. Критерії нарахування балів:

### 2.1. Робота на аудиторних заняттях:

- активна творча робота – **2 бали × 18 = 36;**
- плідна робота – **1 бал × 18 = 18;**
- пасивна робота – **0 балів × 0.**

### 2.2. Модульна контрольна робота (МКР)

- повна, змістовна та аргументована відповідь – **8 балів;**
- відповідь з несуттєвими помилками (< 6) – **6 балів;**
- відповідь за суттю **2 бали**
- неправильна відповідь – **0 балів**

3. Умовою **позитивної першої атестації** (на 8 тижні) є отримання не менше **11 балів** при активній участі в практичних заняттях (на час атестації).

4. Умовою **позитивної другої атестації** (на 14 тижні) – отримання не менше **22 балів** при виконанні обох МКР.

4. Умовою допуску до екзамену є стартовий рейтинг **не менше 26 балів.**

5. **На екзамені** студенти виконують *письмову контрольну роботу* або дають *усну відповідь*. Кожне завдання містить два теоретичних запитання (завдання) і одне практичне. Кожне завдання складено з Переліку запитань до екзамену з кредитного модулю. Кожне запитання оцінюється у **16 балів** за такими критеріями:

- «**відмінно**», повна відповідь, не менше **90%** потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове розв'язування завдання) – **16-15 балів;**
- «**добре**», достатньо повна відповідь, не менше **75%** потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь або є незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – **14-12 балів;**
- «**задовільно**», неповна відповідь, не менше **60%** потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – **11-10 балів;**
- «**незадовільно**», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – **0 балів.**

### 6. Розрахунок шкали семестрового рейтингу:

$$r_C = (\sum r_K + \sum r_Z + \sum r_{Ш}) = 36 + 2 \times 8 + (\sum r_Z + \sum r_{Ш}) = 52 \text{ бали}$$

$$RD = r_C + r_E = (\sum r_K + \sum r_Z + \sum r_{Ш}) + r_E$$

7. \* Для допуску студенти повинні мати стартовий рейтинг не менше ніж 0,5  $r_C$  (**26 балів**).

8. Студенти, що з поважних причин мають пропуски лекційних, практичних занять допускаються до здавання робіт лише за наявності медичної довідки.

9. Сума стартових балів та балів за екзаменаційну контрольну роботу переводиться до екзаменаційної оцінки 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 зарахована РГР	Не допущено

## 9. перелік Додаткова інформація з освітнього компоненту.

- перелік питань, які виносяться до календарного контролю, наведено в Додатку 1

- на письмовий або усний екзамен **off-line** виносяться питання, які викладено у Додатку 2 силлабусу
- екзамен в умовах **on-line** проводиться у тестовому режиму (тести викладено в Додатку 3 силлабусу *СЕ та О ЛТК*) за методикою оцінювання, яку наведено у **п.6 розділу 8**

**Робочу програму освітнього компоненту (силлабус):**

**Складено:** професор, д.т.н., професор Котляров Валерій Павлович

**Ухвалено:** кафедрою ЛТ та ФТТ (протокол № 05 від «17» листопада 2023 р.)

**Погоджено** Методичною комісією інституту ІМЗ ім Є.О. Патона  
(протокол № 05/23 від «11» грудня 2023 р.)