



## 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	<i>Прикладна механіка</i>
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	<i>Лектор: д.т.н., професор Котляров Валерій Павлович</i> <i><a href="mailto:kotlyarovv@ukr.net">kotlyarovv@ukr.net</a>, +380 99 385 6117</i>
викладачів	<i>Практичні: д.т.н., професор Котляров Валерій Павлович</i>
Розміщення курсу:	<i>Електронний кампус та Moodle в ПДН</i> <i>«Сікорський» &lt;<a href="https://do.ipk.kpi.ua/">https://do.ipk.kpi.ua/</a>&gt;</i>

# 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 операцій 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.

Вивчення навчальної дисципліни передбачає підсилення та розвиток у студентів компетентностей, передбачених освітньо-науковою програмою «*Прикладна механіка*» другого (магістерського) рівня вищої освіти:

*Компетентності:*

1. Загальні:

- Здатність виявляти, ставити та вирішувати інженерно-технічні та науково-прикладні проблеми (ЗК 1).
- Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології (ЗК 2).
- Здатність генерувати нові ідеї (креативність). (ЗК 3).

2. Фахові

- 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 1);
- 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 2);
- 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 8).

- 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 (ФК 9).

### 3. Програмні результати навчання

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

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

Навчальна дисципліна є вибірковою компонентою освітньо-наукової програми «Прикладна механіка» і належить до циклу професійної підготовки. Для вивчення даної дисципліни необхідне успішне засвоєння навчального матеріалу першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. У свою чергу ця дисципліна може бути корисною для опанування освітніх компонентів: Наукова робота за темою магістерської дисертації. Частина 3. Науково-дослідна робота за темою магістерської дисертації, Науково-дослідна практика, Виконання магістерської дисертації.

### 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)
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)
3. Котляров В.П. Технологія лазерної обробки (операції розмірної обробки). Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, - 2010. – 308с. Доступ: НТБ НТУУ «КПІ»
4. Винаходи за класами МПК: B23K, H01S, B28D, G01D (РФ, США, Великобританія, Франція, ФРГ) Доступ: НТБ НТУУ «КПІ»
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)
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)

#### *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.

#### *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 акаунті [Kotlyarov.Valery@LLL.kpi.ua](mailto:Kotlyarov.Valery@LLL.kpi.ua)

## Навчальний контент

### 5. Методика опанування освітнього компонента

Навчальний матеріал освітнього компоненту викладається на заняттях згідно з наступною

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>

структурою (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>Разом за розділом 7</b>	<b>13</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Контрольна модульна робота № 1</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>1</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 конструкцій 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>

1	2	3	4	5
<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	



<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>Разом за розділом 16</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Контрольна модульна робота №2</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>-</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>

### 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> Зміст та задача кредитного модуля. Визначення об'єкту ТОС та напрямку його вдосконалення.</p> <p><b>Тема 1.2.</b> Розробка ТЗ на модернізацію використаної чи проектування нової конструкції технологічного оснащення</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:</b> базова - [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> Пристрої для варіювання рівня потужності випромінювання.</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:</b> базова - [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</p>

	<p>режимом роботи лазера. Виявіть причини такого впливу на режим генерації обраного методу керування роботою лазера.</p> <p><i>Література додаткова – [4], [8]</i></p>
3	<p><b>Тема 2.2. Пристрої для змінення просторових характеристик пучка випромінювання</b> 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; <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 – [1]</i></p>
4	<p><b>Тема 2.3. Пристрої для змінення часових характеристик імпульсного режиму випромінювання</b> 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; <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. Пристрої для змінення часових характеристик імпульсного режиму випромінювання</b> <b>Література: базова</b> - [1] стор. 45 – 47; [2] Пр1Л1_3, слайд 20-25; Пр1Л1_4 сл. 2-7 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: [3]</i></p>
6	<p><b>Тема 3.1 Пристрої для поза резонаторного впливу на пучок випромінювання: зміна характеру розподілу інтенсивності оптичними методами (фільтри, прозорі та дзеркальні оптичні системи).</b> <b>Тема 3.2. Перетворення перерізу пучка випромінювання оптичними засобами.</b> Література: базова - [1] стор. 81 – 93; [2] Пр2Л4, слайди 1-7. <b>Завдання на СРС:</b> 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. Пристрої для зміни напрямку розповсюдження пучка випромінювання</b> <b>Тема 3.4. Засоби паралельного переносу осі або зміна її нахилу. Затвори для лазерного променя.</b> Призначення та конструювання затворів та перервачів пучка випромінювання <b>Література: базова</b> - [1] стор. 93 – 111; [2] Пр2Л4, слайди 8-14. <b>Завдання 1 на СРС:</b> 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. <b>Завдання 2 на СРС:</b> Як залежить склад заслінки від потужності лазера, призначення заслінки та операції, що виконується на ЛТУ?</p> <p><i>Література додаткова:</i></p>
8	<p><b>Тема 4.1. Прибори для виміру інтегральних характеристик пучка лазерного випромінювання</b> 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. <b>Завдання на СРС:</b> 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><i>Література додаткова:</i></p>
9	<p><b>Тема 4.2. Прилади для аналізу розподілу інтенсивності випромінювання в перетині пучка</b></p>

	<p>Прилади для аналізу пучків випромінювання поперек їх зрізу, головний принцип відбору інформаційного сигналу.</p> <p><b>Література: базова</b> - [1] стор. 128 – 140; [2] Пр3Л5_6, слайди 6-12.</p> <p><b>Завдання на СРС:</b> 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.</p> <p><i>Література додаткова:</i></p>
10	<p><b>Тема 5.1. Транспортувальні системи на оптичних елементах</b></p> <p>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.</p> <p><b>Література: базова</b> - [1] стор. 141 – 160; [2] Пр3Л5_6, слайди 15-24.</p> <p><b>Завдання на СРС:</b> 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>Визначити параметри дзеркальної оптики для поділу пучка на складові.</p> <p><i>Література додаткова:</i></p>
11	<p><b>Тема 5.2. Оптиковолоконна техніка для транспортування енергії випромінювання</b></p> <p>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.</p> <p><b>Література: базова</b> - [1] 161 – 172; [2] Пр3Л25_27.</p> <p><b>Завдання на СРС:</b> 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> <p><i>Література додаткова:</i></p>
12	<p><b>Тема 6.1. Засоби концентрації енергії випромінювання в зоні обробки</b></p> <p>Одно - та багатолінзові (дзеркальні) системи, трансфокатори</p> <p><b>Література: базова</b> - [1] стор. 173 - 201; [2] Пр4Л7_8, слайди 2-18.</p> <p><b>Завдання на СРС:</b> Розрахуйте параметри мульти-лінзової фокусувальної 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. Оптичні сканувальні пристрої (дефлектори)</b></p> <p><b>Тема 6.3. Сканери лазерних фізіотерапевтичних установок</b></p> <p>Сканери на прозорих та дзеркальних елементах. Сканери фізіотерапевтичних установок.</p> <p><b>Література: базова</b> - [1] стор. 203 – 257; стор. 222 – 252; [2] Пр4Л7_8, слайди 19-30; Пр. 5*Л9_10, слайди 1-28; додаткова [4];</p> <p><b>Завдання на СРС:</b> 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> <p><i>Література додаткова</i> – [2].</p>
14	<p><b>Тема 7.1. Систематизація методів та засобів позиціонування. Класифікація методів позиціонування заготовки у пучку випромінювання.</b></p> <p><b>Тема 7.2. Налаштування оптичної системи за результатами аналізу пучка випромінювання.</b></p> <p>Порівняння за точністю виконання процедури обидвох методів аналізу каустики променя.</p> <p><b>Література: базова</b> - [1] стор. 258 – 269; [2] Пр6Л11_12, слайди 2-6.</p> <p><b>Завдання на СРС:</b> 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><i>Література додаткова</i> [3]</p>
15	<p><b>Тема 7.3. Пристрої для позиціонування заготовки в ослабленому пучку випромінювання</b></p>

	<p>Принципи підміни робочого режиму генерації лазерного проміню на слабкий режим. Проблеми точності такого способу налагодження.</p> <p><b>Література: базова</b> - [1] стор. 269 – 284; [2] Пр6Л11_12, слайди 7-13.</p> <p><b>Завдання на СРС:</b> Які особливості застосування малопотужного випромінювання однієї довжини хвилі при налагодженні відносного положення пучка випромінювання та заготовки?</p> <p><i>Література додаткова</i> –[3]</p>
16	<p><b>Тема 7.4. Пристрої для позиціювання заготовки в каустиці пучка випромінювання, перетвореного ОПС, за допомогою випромінювання від додаткового джерела</b></p> <p>Схеми налагодження відносного положення проміню та заготовки при її освітлення мало потужним випромінюванням видимого діапазону, засоби корекції відмінностей робочого та допоміжного променя.</p> <p>Порівняльні характеристики точності налагодження за цими методами.</p> <p><b>Література: базова</b> - [1] стор. 269 – 284; [2] Пр6Л11_12, слайди 7-13.</p> <p><b>Завдання на СРС:</b> Які особливості застосування додаткового малопотужного випромінювання з довжиною хвилі видимого діапазону при налагодженні відносного положення пучка випромінювання та заготовки?</p> <p><i>Література додаткова</i> –[3]</p>
17	<p><b>Тема 7.5. Пристрої для позиціювання заготовки відносно ОПС ЛТУ з візуальною оцінкою результату методом подвійного зображення</b></p> <p>Порівняльні характеристики точності налагодження за цими методами. Експериментальне та аналітичне дослідження методів.</p> <p><b>Література: базова</b> - [1] стор. 285 – 306; [2] Пр6Л11_12, слайди 14-25.</p> <p><b>Завдання на СРС:</b> 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 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>.</p> <p><i>Література додаткова</i> –[3]</p>
18	<p><b>Тема 7.6. Автоматизація переходу відносного позиціювання ОПС та заготовки</b></p> <p>Автоматизація процесу відносного позиціювання заготовки та пучка випромінювання. Застосування механічних (контактних) упорів та безконтактних систем (ємкісних, індуктивних, магнітних та пневматичних).</p> <p><b>Література: базова</b> - [1] стор. 306 – 318; [2] Пр6Л11_12, слайди 26-32.</p> <p><b>Завдання на СРС:</b> 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</i> – [1]</p>
19	<p><b>Тема 7.7. Пристрої для захисту поверхні оптичних елементів від продуктів лазерної ерозії</b></p> <p>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><b>Завдання на СРС:</b> Електростатичні та електромагнітні поля, поняття, утворення полів визначеної конфігурації та інтенсивності.</p> <p><i>Література додаткова</i> –[3]</p>
20	<p><b>Тема 8.1. Різаки для подачі газу одного типу</b></p> <p><b>Тема 8.2. Різаки для одночасного формування струменів газу різного призначення (робочого та захисного)</b></p> <p><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><b>Завдання на СРС:</b> Вивчіть основні процеси при витіканні газів із сопла. Розрахунки кінематичних та динамічних параметрів газових струменів (дозвукових та над звукових).</p> <p><i>Література додаткова</i> –[1]</p>
21	<p><b>Тема 9.1. Оптичні засоби підвищення поглинальної здатності поверхні заготовки</b></p> <p><b>Тема 9.2. Засоби для штучного підвищення поглинальної здатності поверхні заготовки</b></p> <p><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><b>Завдання на СРС:</b> Теорія Друде – залежність рівня поглинання електромагнітної енергії речовиною від її електропровідності.</p> <p><i>Література допоміжна</i> –[1]</p>
22	<p><b>Тема 10.1.</b> <i>Настановні елементи пристосувань</i></p> <p><b>Тема 10.2.</b> <i>Затискні механізми пристосувань</i></p> <p><b>Тема 10.3.</b> <i>Приводи пристосувань</i></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><b>Завдання на СРС:</b> Ознайомтеся 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.</b> <i>Класифікація операцій лазерної поверхневої обробки.</i></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><b>Завдання на СРС:</b> 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:</i> [4]</p> <p><b>Тема 11.2.</b> <i>Вдосконалення операцій поверхневого легування.</i></p> <p>Пропонується новий метод постачання модифікатору у шар легування.</p> <p><b>Завдання на СРС:</b> Оцінити відносно 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><b>Завдання на СРС:</b> 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.</b> <i>Розробка операцій аморфізації (glazing process) поверхні виробу при лазерному нагріві.</i></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> <i>Розробка пристроїв для комбінованої (з поверхневою пластичною деформацією) лазерної обробки поверхні.</i></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> <i>Пристосування для позиціонування заготовок в зоні обробки</i></p> <p>Розробка пристроїв для позиціонування 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> <i>Пристрої для формування зварювального шва. Методи оптимізації форми та якості зварювальної ванни</i></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 «витагнути» фокальну область каустики на 30%.</p> <p><i>Література допоміжна:</i> - [4]</p>
25	<p><b>Тема 13.1.</b> <i>Нанесення змісту знаку (малюнка) методом його копіювання з маски (трафарету)</i></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 проєкційного методу розмірної обробки в операціях поверхневого гравірування.</p> <p><i>Література допоміжна:</i></p>
26	<p><b>Тема 13..2.</b> <i>Пристрої для гравірування малюнка шляхом обходу пучком випромінювання його змісту та контуру</i></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 відносно 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> <i>Пристрої для гравірування малюнка за комбінованою схемою</i></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> <i>Пристрої для забезпечення належних результатів розрізання</i></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;.</p> <p><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</p> <p><b>Тема 14.2.</b> <i>Пристрої для формування контуру виробу, що вирізається</i></p> <p>Прилади для формування простих та складних за формою контурів вирізання. Використання асиметричних пучків для керування профілю різь.</p> <p><b>Література: базова</b> - [1] стор. 491 – 499; [2] Пр10Л19_20, слайди 3-12; .</p> <p><b>Завдання на СРС:</b> Розробити відповідно до наведеного алгоритму програму для визначення параметрів асиметричних пучків випромінювання, перетворених ексцентричною лінзою</p> <p><b>Тема 14.3.</b> <i>Технологічне оснащення систем з адаптивною організацією операції контурного різання</i></p> <p><b>Література: базова</b> - [1] стор. 476 – 508; [2] Пр10Л19_20, слайди 12_13; .</p> <p><b>Завдання на СРС:</b> Ознайомитися з основами та принципами теорії автоматичного регулювання. Вимоги до складу та побудови систем автоматичного керування.</p> <p><i>Література додаткова:</i></p>
28	<p><b>Тема 15.1</b> <i>Пристосування для підвищення ефективності операцій ЛРО</i></p> <p>Розробка схем обробки та приладів для підвищення ефективності та продуктивності технологічних операцій обробки отворів.</p> <p><b>Література: базова</b> - [1] стор. 509 – 519; [2] Пр10Л18_20, слайди 2-3.</p> <p><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</p> <p><i>Література додаткова:</i> [5], базова [4]</p> <p><b>Тема 15.2.</b> <i>Засоби підвищення якості результатів технологічної операції</i></p>

	<p>Класифікація методів та засобів підвищення якості обробки. Комбіновані схеми обробки якісних отворів.</p> <p><b>Література: базова</b> - [1] стор. 520 – 531; [2] Пр10Л18_20, слайди 4, 5.</p> <p><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</p> <p><i>Література допоміжна:</i> [4]</p>
29	<p><b>Тема 16.1. Засоби контролю за станом елементів ЛТУ та керування її вихідними параметрами/</b> Розробка схем автоматизації з контролем прямих та непрямих показників операції (стан лінзи, випромінювача).</p> <p>Елементна база засобів автоматизації.</p> <p>Література: <i>базова</i> - [1] стор. 532 – 535; Пр10Л18_20, слайд 6.</p> <p><b>Завдання на СРС:</b> Яким чином можна виключити необхідність контролювати стан лінзи, вихідного вікна лазера та його резонатору? Запропонуйте шляхи реалізації цих ідей.</p> <p><b>Тема 16.2. ЛТУ із засобами безпосереднього контролю результатів операції та керування їх рівнем.</b></p> <p>Елементна база засобів автоматизації. Прилади активного контролю в операціях лазерної обробки. Вплив особливостей інструменту – лазерного променя на вибір засобів активного контролю розмірів обробки.</p> <p>Література: <i>базова</i> - [1] стор. 532 – 535; Пр10Л18_20, слайд 6.</p> <p><b>Завдання на СРС:</b> Яким чином можна виключити необхідність контролювати стан лінзи, вихідного вікна лазера та його резонатору? Запропонуйте шляхи реалізації цих ідей.</p> <p><b>Тема 16.3. Адаптивні форми організації технологічної операції</b></p> <p>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.</p> <p>Література: <i>базова</i> - [1] стор. 541 - 560; [2] Пр10Л18_20, слайди 8-11.</p> <p><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</p> <p><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. Пристрої для керування енергетичними параметрами пучка лазерного випромінювання.</b> Заняття 1. Прилад для плавного змінення енергії (потужності) пучка лазерного випромінювання з лінійною поляризацією.</p> <p><b>Тема 2.2. Пристрої для керування енергетичними параметрами пучка лазерного випромінювання</b> Заняття 2. Розрахунок оптичних якостей пристроїв для змінення напрямку осі пучка випромінювання.</p> <p><b>Тема 2.3. Пристрої для зміни часових характеристик імпульсного режиму випромінювання</b> Заняття 3. Кінематичні розрахунки модуляторів на ефекті Доплера для різних за розмірами та складом активних середовищ. Кінематичні розрахунки модуляторів механічного типу.</p>

2	<p align="center"><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  <b>Заняття 4.</b> Розрахунок оптичної системи (біпризма – об’єктив) для перетворення круглого попереку в прямокутний.  <b>Тема 3.4.</b> Пристрої для перекриття пучка випромінювання (заслінки, затвори)  <b>Заняття 5.</b> 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  <b>Заняття 6.</b> Проектування вимірювачів енергетичних характеристик пучка випромінювання тупикової та прохідної конструкцій. Розрахунок параметрів вимірювача потужності пучка випромінювання із газовим активним середовищем  <b>Тема 4.2.</b> Прилади для аналізу розподілу інтенсивності випромінювання в перетині пучка  <b>Заняття 7.</b> Силлові, 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  <b>Заняття 8.</b> Оптичні розрахунки щільності фільтруючих оптичних елементів відповідно до різних законів розподілу інтенсивності у перерізі пучку випромінювання. Вибір параметрів дзеркальних розподільувачів пучка випромінювання.  <b>Тема 5.2.</b> Оптиковолоконна техніка для транспортування енергії випромінювання  <b>Заняття 9.</b> Розрахунки волоконних світловодів з малою та великою відстанню транспортування лазерної енергії. Вибір параметрів лінз для корекції параметрів та фокусування пучка після світловоду.  <b>Заняття 11.</b> Кінематичні та габаритні розрахунки дзеркальних дефлекторів. Параметри дефлекторів на прозорих елементах.  <b>Заняття 12.</b> Розрахунки колективних лінз. Розробка алгоритму проектування двох турельного трансфокатора з дискретним змінням фокусної відстані.  <b>Заняття 13.</b> 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 зміння 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  <b>Заняття 14.</b> Трансфокатори дискретні та з плавним змінням фокусної відстані. Оптичні розрахунки, проектування приводів обертання та нахилу оптичного елемента  <b>Тема 6.2.</b> Оптичні сканувальні пристрої (дефлектори)  <b>Заняття 15.</b> 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	<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.  <b>Заняття 16.</b> Розрахування точності позиціонування за аналізом каустики пучка випромінювання  <b>Тема 7.3.</b> Пристрої для позиціонування заготовки в ослабленому пучку випромінювання  <b>Заняття 17.</b> Розрахування похибки позиціонування в ослабленому пучку по відношенню до його робочого стану.  <b>Тема 7.4.</b> Пристрої для позиціонування заготовки в каустиці пучка випромінювання, перетвореного ОПС, за допомогою випромінювання від додаткового джерела  <b>Заняття 18.</b> 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.  <b>Тема 7.6.</b> Автоматизація переходу відносного позиціонування ОПС та заготовки  <b>Заняття 19.</b> Розрахунок електричних параметрів датчиків положення (ємкісних та індуктивних), магнітних характеристик датчика та заготовки та пневматичної характеристики датчиків тиску.</p>
7	<p align="center"><b>Розділ 8. Різаки для операцій лазерної обробки</b></p>



	<p><b>Тема 8.1.</b> Різаки для подачі газу одного типу Завдання 20. Конструювання різаків із регулюванням кутового положення сопла</p>
8	<p><b>Розділ 9. Засоби підвищення поглинальної здатності поверхні заготовки</b> <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>
9	<p><b>Розділ 11. Технологічне оснащення операцій лазерної поверхневої обробки</b> <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. <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>
10	<p><b>Розділ 12. Технологічне оснащення операцій лазерного зварювання</b> <b>Тема 12.1.</b> Пристосування для позиціювання заготовок в зоні обробки Заняття 24. Конструювання засобів забезпечення стику заготовок без зазору при зварюванні в стик та внапусток</p>
11	<p><b>Розділ 13. Технологічне оснащення операцій лазерного гравірування</b> <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. <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. <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>
12	<p><b>Розділ 14. Технологічне оснащення операцій контурного вирізання лазерним променем</b> <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 <b>Тема 14.2.</b> Пристрої для формування контуру виробу, що вирізається Заняття 29. Проектування засобу змінення напряму лінійної поляризації пучка випромінювання для відстежування контуру, що вирізається <b>Тема 14.3.</b> Технологічне оснащення систем з адаптивною організацією операції контурного різання Заняття 30. Побудування графічних залежностей швидкості різання в залежності від товщини заготовки, з якої вирізається виріб (при постійному рівні потужності променя)</p>
13	<p><b>Розділ 15. Технологічне оснащення операцій лазерної розмірної обробки</b> <b>Тема 15.1.</b> Пристосування для підвищення ефективності операції Заняття 31. Розробка модулятора пучка випромінювання для формування отворів із періодичним зміненням структури матеріалу заготовки <b>Тема 15.2.</b> Засоби підвищення якості результатів технологічної операції Заняття 32. 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>
14	<p><b>Розділ 16. Автоматизовані та адаптивні системи лазерної обробки</b> <b>Тема 16.1.</b> Засоби контролю за станом елементів ЛТУ та керування її вихідними параметрами Заняття 33. Проектування пристрою для періодичного оцінювання прозорості оптичного елемента перетворюючої системи <b>Тема 16.2.</b> ЛТУ із засобами безпосереднього контролю результатів операції та керування їх рівнем Заняття 34. Проектування пристрою з оцінюванням поточного розміру отвору під час обробки фотоелектричними датчиками. <b>Тема 16.3.</b> Адаптивні форми організації технологічної операції Заняття 35. Вибір параметрів адаптивної системи розмірної обробки отворів з пневматичним контролем їх розмірів та керуванням умовами опромінювання</p>

**Дидактичні матеріали:** базова література [2]  
**Література:** базова [4 – 6], додаткова [1], [2]; [3], [4],

### 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>  <b>Завдання на СРС:</b> Залежність структури ТОС та напрямків розробки оснащення від призначення технологічного обладнання, типу випромінювача та режиму його роботи.  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>  <b>Завдання 1 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.  <b>Завдання 2 на СРС:</b> 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.  <b>Завдання 3 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?  <b>Завдання 4 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>	2
3	<p><b>Розділ 3. Засоби зовнішнього (поза резонаторного) керування параметрами пучка випромінювання</b>  <b>Завдання 1 на СРС:</b> 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  <b>Завдання 2 на СРС:</b> 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.  <b>Завдання 3 на СРС:</b> 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>  <b>Завдання 1 на СРС:</b> 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)?  <b>Завдання 2 на СРС:</b> Датчики для аналізаторів (фотоелектричні, пневматичні, піроприймач, датчики опору та ін.). Їх частотні, часові та характеристики швидкодії.</p>	1

	Схеми точкового відбору потужності вздовж однієї та двох координат попереку пучка випромінювання	
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 фокусуєчої 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 параксимальних 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> <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 <math>100</math> мм за умови застосування робочого лазера <math>\text{Nd}^{+3}:\text{YAG}</math> для обробки та лазера <math>\text{He-Ne}</math> для відносного позиціонування каустики пучка випромінювання з кутом розбіжності <math>\theta = 0,002</math> радіана діаметром <math>7</math> 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>	4
8	<p><b>Тема 8. Різакі 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 загартування. 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</p>	4

	<p>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 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><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>	
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 “кинджальним” 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> <p><u>Завдання 3 на СРС:</u> Ознайомитися з основами та принципами теорії автоматичного регулювання. Вимоги до складу та побудови систем автоматичного керування</p>	1
15	<p><b>Тема 15. Технологічне оснащення операцій лазерної розмірної обробки</b></p> <p><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</p> <p><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</p>	2
16	<p><b>Тема 16. Засоби автоматизації та адаптивної організації операції лазерної обробки</b></p> <p><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.</p> <p><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 заготовки протягом операції</p> <p><u>Завдання 3 на СРС:</u> Наведіть алгоритм функціонування ЛТУ для різних форм адаптивної організації операції. Які відмінності вимірювальних пристроїв для різних алгоритмів?</p> <p>Наведіть приклади операцій лазерної обробки, де можливе застосування повністю автоматизованого циклу їх організації</p>	1
<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 заздалегідь тривіальні основи загально відомих знань, цитування абзаців підручників, конспектів лекцій, тобто повинні оцінюватися викладачами більшою відзнакою.

Що стосується правил пристойної поведінки на заняттях, зокрема, підтримання зв'язку із зовнішнім середовищем, то не **заборона використання відповідних гаджетів** може привести до корисного результату, а зацікавлення студента такою якістю викладання матеріалу, що б йому не було цікаво відволікатися на інші справи. 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 (РСО).

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 РСО.

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 РСО 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 РСО 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	Семинари	Лабораторні роботи	Комп'ютерний практикум	Всього	На виконання індивід. завдань				
2	5.0/180	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 практичних заняттях (**18 занять**);
- виконання модульних контрольних робіт (**2 МКР**)

### 2. Критерії нарахування балів:

#### 2.1. Робота на практичних 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 № 4 від «30» листопада 2022 р.)

**Погоджено** Методичною комісією інституту ІМЗ ім Є.О. Патона

(протокол № 5/22 від «12» грудня 2022 р.)

## Додаток 1

до освітнього компоненту  
« Спеціальні елементи та оснащення ЛТК»  
2023 Тематика завдань модульних контрольних робіт

### Тематика завдань на контрольні роботи:

#### КОНТРОЛЬНА МОДУЛЬНА РОБОТА №1

##### *Завдання № 1*

Розробити блок-схему лазерної технологічної установки для прошивки системи глибоких наскрізних отворів ( $l/d > 10$ ) у заготовках із теплопровідного матеріалу (сплав алюмінію) із нормованою подовжньою формою (циліндр).

Обґрунтувати вибір схеми модулятора, конструкції вузла, що фокусує, засобів захисту його елементів від продуктів ерозії. Передбачити елементи автоматизації керування роботою установки і організації технологічної операції.

##### *Завдання № 2*

Класифікувати методи і засоби захисту поверхонь оптичних елементів вузлів, що фокусують, від продуктів лазерної ерозії: механічні, струмінню газу, полями. Навести їх переваги та недоліки.

##### **1 Завдання № 3**

Скласти блок-схему лазерного технологічного комплексу (ЛТК) та визначити основні напрямки вдосконалення його складових.

##### *Завдання № 4*

Які організаційні шляхи захисту оптичних елементів від продуктів лазерної ерозії ефективні? Розрахувати умови опромінювання для цих засобів захисту.

##### **2 Завдання № 5**

Навести засоби параметричного керування потужністю лазерного променя, розміром його перетину та кутом розбіжності.

##### *Завдання № 6*

Привести чотири принципових методи налагодження відносного положення пучка випромінювання та поверхні заготовки. Навести приклади та описати декілька із них.

##### **3 Завдання № 7**

Яке застосування в технології лазерної обробки знаходять режими генерації лазерного променя: вільна генерація, з модуляцією добротності резонатора та «велетенського» імпульсу? Засоби їх реалізації. Характеристика подачі енергії у часі, області використання, переваги та недоліки.

##### *Завдання № 8*

Навести засоби для створення технологічних та аварійних перерв у опромінюванні заготовки (заслінки). Основний принцип їх функціонування та вимоги.

##### **4 Завдання №9**

Описати формування «стоячої» хвилі у резонаторі. Зв'язок цього явища із якістю часової структури імпульсу «вільної» генерації. Випромінювачі із виправленою структурою імпульсу. Лазери на «бігучій» хвилі.

##### *Завдання № 10*



Обґрунтувати працездатність схем аморфізації поверхні заготовки з нанесенням матеріалу, який схильний до формування структури без кристалів.

#### **5 Завдання № 11**

Навести схеми та конструкції механічних модуляторів добротності резонатора. Які засоби скорочення перехідних процесів використовують зміну рівня добротності.

#### **Завдання № 12**

Коли використовують автоматизації процесу налагодження відносного положення пучка випромінювання та заготовки? Які чутливі датчики та системи застосовуються? В чому причини похибки положення заготовки у каустиці променя за аналоговим методом налагодження?

#### **6 Завдання №13**

Що таке лазерні затвори? Надати класифікацію оптичних затворів за ефектом, що використовується.

#### **7 . Завдання № 14**

Описати методи налагодження відносного положення пучка випромінювання та заготовки за результатами вимірювання параметрів його каустики.

#### **8 Завдання №15**

Який механізм діяння модуляторів з ефектом Доплера на пучок лазерного випромінювання в резонаторі? Навести схеми таких модуляторів.

#### **9 Завдання № 16**

Чим характеризуються модулятори, які працюють шляхом періодичного змінення рівня порогу генерації активного середовища? Які їх переваги над механічними та ультразвуковими модуляторами.

#### **10 Завдання № 17**

Провести класифікацію приладів для виміру енергетичних параметрів пучка лазерного випромінювання за схемою використання, чутливим елементом, що використовується, та методом оцінювання параметру.

#### **11 Завдання №19**

Які схеми використовуються у вимірювачів енергетичних характеристик лазерного променя “прохідної” конструкції? Порівняйте можливості наведених схем.

#### **12 Завдання № 20**

Навести схему та конструкцію аналізатору розподілу інтенсивності поперек променя на поворотному дзеркалі.

#### **13 Завдання № 21**

Навести схему та конструкцію аналізатору розподілу інтенсивності поперек променя на різновисоких світловодах.

#### **14 Завдання № 22**

Навести схему та конструкцію аналізатору розподілу інтенсивності поперек променя на дзеркалі – смужці для одно координатного та двох координатного виміру.

#### **15 Завдання № 23**

Навести схему та конструкцію аналізатору розподілу інтенсивності поперек променя на дзеркальній спиці. Яким зміненням його конструкції забезпечується формування імпульсного інформаційного сигналу.

## 16 Завдання № 24

На яких засадах діють засоби керування напрямком вісі пучка випромінювання – кутове та паралельне зміщення пучка?

## 17 Завдання № 25

Для чого та якими засобами діють оптичні пристрої для зміни форми попереку пучка випромінювання та розподілу інтенсивності в ньому?

## 18 Завдання № 26

Які засоби використовують для поділу пучка випромінювання між різними користувачами та для подання декількох пучків у одну зону опромінювання? В яких технологічних ситуаціях вони використовуються?

## 19 Завдання № 27

Якими оптичними елементами користуються для концентрації енергії лазерного променя у зоні опромінювання в разі необхідності обробки заготовок із великою кількістю отворів (сита, решітки), з глибокими отворами із високими вимогами до їх повздожньої форми?

## 20 Завдання № 28

В яких операціях використовуються трансфокатори з дискретною зміною параметрів елемента, що фокусує? Навести алгоритм визначення параметрів складових оптичних елементів трансфокатора.

## *Завдання № 29*

Якими оптичними засобами послуговуються в операціях для обробки глибоких отворів з циліндричною повздожньою формою їх каналів? Наведіть схему циліндричної світлової трубки та рівняння для її габаритного розрахунку?

## 21 Завдання № 30

22 *Навести оптичну схему трансфокатора з плавним змінням параметра лінзи, що фокусує, яка може змінювати кут нахилу. Які похибки при перетворенні пучка випромінювання при цьому потребують урахування? Що необхідно, щоб зменшити внаслідок цих похибок низьку якість оброблених отворів?*

## 23 Завдання № 31

Коли використовуються методи налагодження відносного положення пучка випромінювання та заготовки за допомогою додаткового малопотужного випромінювання з довжиною хвилі видимого діапазону? Яким чином підвищують точність процедури шляхом зближення параметрів додаткового та робочого випромінювання?

## 24 Завдання № 32

Коли можливо застосування методів налагодження відносного положення пучка випромінювання та заготовки шляхом розмірного розташування оптичної системи відносно останньої? Яка різниця в налагодженні з використанням мікроскопів на робочому об'єктиву та засобів по методу двох зображень? Які шляхи подальшого вдосконалення останнього методу?

## 25 Завдання № 33

Навести схеми електрофізичних та комбінованих засобів захисту поверхні оптичних елементів від продуктів лазерної ерозії. Дати приклади засобів з оцінкою їх можливостей та надійності.

## 26 Завдання № 34

Що дають засоби керування рівнем потужності лазерного променя за умови використання поглинаючих, інтерференційних та газових фільтрів? Чи можливо їх застосування при необхідності параметричного впливу на енергетичні характеристики променя?

## *Завдання №35*

Які можливості у трансфокатора з плавним змінням параметра елемента, що фокусує (лінзи), який має можливість плавного змінювання кривизни однієї з переломляючих поверхонь? Навести порядок розрахунку параметрів пристрою, включаючи об'єм рідини та швидкість його обертання.

## **КОНТРОЛЬНА МОДУЛЬНА РОБОТА №2**

### ***Завдання № 1***

Привести схеми та засоби організаційного підвищення рівня поглинання електромагнітної енергії поверхнею заготовки. Порівняйте баланс енергії опромінення із використанням схем підвищення поглинання та без них.

### ***Завдання № 2***

Чим характеризуються настановні елементи технологічного оснащення, які пристосовано до лазерної обробки? Яким вимогам повинні відповідати їх контактні елементи? Вакуумні та магнітні системи закріплення заготовки. Коли та з якою метою застосовують сили електростатичних полів?

### ***Завдання № 3***

Для чого використовуються в технологічному оснащенні затискні елементи: прості та комбіновані? Які із приводів елементів оснащення ефективніші: пневматичні, гідравлічні, магнітні або вакуумні?

### **27 Завдання № 4**

Якими засобами та за рахунок чого можливе підвищення ефективності та якості лазерної обробки отворів? Який чинник вважається найголовнішим в створенні вад в оброблених отворах після лазерної обробки?

### **28 Завдання № 5**

Якими засобами можна досягти часткової автоматизації процесу обробки точних отворів за рахунок їх доопрацювання додатковим (додатковими) імпульсами випромінювання? Навести декілька схем.

### ***Завдання № 6***

Навести схему адаптивної системи для газолазерного контурного різання з оптимізацією умов опромінювання без залежності від товщини заготовки. В якій процедурі можна застосувати цю схему на етапі підготовки технологічної операції?

### **29 Завдання № 7**

Що досягають в схемах та засобах комбінованої лазерної обробки отворів та контурного різання з залученням додаткових видів енергії? Яку роль в них відіграє лазерна обробка?

### ***Завдання № 8***

Навести схеми адаптивних систем для обробки системи точних отворів з використанням чутливих фотоелектричних датчиків. Які напрями впливу на процес обробки використовують з метою коригування її результатів?

### ***Завдання № 9***

Навести схеми адаптивних систем для обробки системи точних отворів з використанням чутливих пневматичних датчиків. Які напрями впливу на процес обробки використовують з метою коригування її результатів?

### **Завдання № 10**

Які засоби концентрації променистої енергії використовують під час опромінювання внутрішньої поверхні у режимі її зміцнення? Чим визначається їх конструкція?

#### ***Завдання № 11***

Яка особливість конструкції дзеркала у сканері гальванометричного типу дозволяє збільшити розміри зони якісного гравірування (з постійною шириною контурної лінії)? Навести схему пристрою та дати оцінку чинника його користі.

#### ***Завдання № 12***

Навести схему та описати дію повністю автоматизованої лазерної технологічної установки для виготовлення отворів у шариках для омивання вітрового скла автомобілів. Чим гарантується достатня точність отворів?

#### ***Завдання № 13***

Який принцип легування поверхні заготовки з підвищеним рівнем дифузії модифікатора у матрицю використано за рахунок одночасного їх розплавлення. Які параметри процесу необхідно визначати?

#### ***Завдання № 14***

Що дають пристрої для комбінованої обробки (лазерне опромінювання у режимі гартування та поверхнево пластична обробка) з безперервною подачею енергії. Які варіанти конструкцій інденторів застосовуються?

#### ***Завдання № 15***

Що дають пристрої для комбінованої обробки (лазерне опромінювання у режимі гартування та поверхнево пластична обробка) з імпульсною подачею енергії? Навести схеми пристроїв.

#### ***Завдання № 16***

Які застосовуються засоби для нанесення регулярного мікро рельєфу під час комбінованої лазерної обробки? Для яких виробів застосовують такий вид обробки?

#### ***Завдання № 17***

Чим досягається (методи та пристрої) і для чого оптимізація форми та якості зварювальної ванни під час лазерного нагріву заготовки?

#### ***Завдання № 18***

Які вимоги висуваються до різаків для подачі робочого газу в операціях газолазерного різання? Навести їх конструкції та засоби центрування сопла із віссю пучка випромінювання.

#### ***Завдання № 19***

Які вимоги висуваються до різаків для подачі допоміжного газу в технологічних операціях поверхневої обробки? Навести схеми їх конструкцій.

#### ***Завдання № 20***

Які вимоги висуваються до різаків для одночасної подачі робочого та допоміжного газів. Як розділяються їх струмені?

#### ***Завдання № 21***

Які засоби оптимізації операцій газолазерного різання: початку операції, обходу контуру, керуванням якістю різку (грат, клиноподібність та ін.) застосовуються?.

#### ***Завдання № 22***

Навести три методи формування малюнків на поверхні заготовки. Який метод застосовується в масових операціях, а який в індивідуальному виробництві? Інші області використання в залежності від особливостей схем.

#### ***Завдання № 23***

Які можливості використання проєкційних схем в пристроях для гравірування? Які технічні засоби оперативного керування змістом малюнка, що наноситься застосовуються?

#### ***Завдання № 24***

Чим забезпечують контурне сканування пучка випромінювання у операціях гравірування малюнка? Навести схеми сканерів на дзеркалах та прозорій оптиці.

#### ***Завдання № 25***

Надати схему пристрою для нанесення малюнку на складну за формою поверхню заготовки з високою якістю контурної лінії. Яка кількість керуємих приводів потрібна?

#### ***Завдання № 26***

Якими перевагами характеризуються схеми пристроїв для комбінованого гравірування малюнків на поверхні заготовки? Навести схеми на прозорих та дзеркальних колекторах інформації.

#### ***Завдання № 27***

Якої мети досягають при оптимізації рівня поглинання електромагнітної енергії поверхнею заготовки? Надати класифікацію методів підвищення рівня поглинання.

#### ***Завдання № 28***

Чим кращі методи оперативного нанесення поглинаючих покриттів на поверхню заготовки, що піддається лазерному опромінюванню. Наведіть схеми нанесення покриття із газового, рідкого та твердого середовищ.

#### ***Завдання № 29***

Які засоби додаткового впливу на процес лазерної розмірної обробки отворів (суміщення з додатковими видами енергії) ефективні з позицій якості результатів, ефективності обробки та її енергонасиченості?

#### ***Завдання № 30***

Розробити сканер в декартових координатах на двох циліндричних лінзах з ручним та механізованим приводом. Чим цей сканер відрізняється від дзеркальних гальванометричних?

#### ***Завдання № 31***

Для чого застосовують автоматизацію процесу обробки точних отворів шляхом контролю розходу повітря через нього: створення вакууму над заготівкою використанням вакуум насосу?

#### ***Завдання № 32***

Для чого застосовують автоматизацію процесу обробки точних отворів шляхом контролю розходу повітря через нього: створення вакууму над заготівкою зменшенням об'єму герметичної камери? Розрахуйте необхідну частоту подачі імпульсів в залежності від діаметру отвору, який обробляється. та ваги заготівки.

#### ***Завдання № 33***

Для чого застосовують автоматизацію процесу обробки точних отворів шляхом контролю розходу повітря через нього: створення вакууму над заготівкою ежекторним ефектом?

#### ***Завдання № 34***

Наведіть схему ЛТУ з адаптивним керуванням якості різання за результатами контролю наскрізності різку лінійкою фотоелементів.

## Завдання № 35

Розробити конструкцію різачка, який забезпечує постійний контроль поглинальної здатності заготовки перед зоною опромінення незалежно від напрямку відносного переміщення з заготовкою.

## Додаток 2

### ПЕРЕЛІК ЗАПИТАНЬ до екзамену з освітнього компоненту «Спеціальні елементи та оснащення ЛТК»

1. Навести схему оптичної системи для обробки пучком лазерного випромінювання листової заготовки з *двох сторін*.
2. Навести схеми пристроїв для *стабілізації умов опромінення* в операції розмірної обробки отворів. (за даними практ. заняття №19).
3. Навести схеми пристроїв для *формування регулярного мікрорельєфу* на поверхнях заготовок з використанням лазерного опромінення.
4. Навести способи та схеми пристроїв для аморфізації поверхні деталей машин.
5. Навести схеми пристроїв для налагодження оптичної системи ЛТУ за результатами аналізу каустики пучка випромінювання. (досвід практичного заняття №16).
6. Навести схеми пристроїв для захисту лазерної оптики від продуктів ерозії матеріалу заготовки газовими струменями.
7. Навести способи та схеми засобів підвищення поглинальної здатності зовнішньої циліндричної поверхні заготовки внаслідок організаційного вдосконалення операції.
8. Навести схеми пристроїв для операцій *гравірування з обходом променем контуру* та змісту малюнка. (матеріал практичного заняття № 25).
9. Викласти принцип дії та навести схеми застосування *пасивних модуляторів добротності резонаторів*. Визначити, якими параметрами затворів можна керувати часовими та енергетичними характеристиками випромінювання
10. Навести схеми оптичних пристроїв для *складання потужностей* декількох пучків випромінювання. (практичні заняття з дзеркальними та прозорими суматорами № 11).
11. Навести схеми *сканера на циліндричних лінзах* для гравірування малюнків (надписів) на поверхні заготовки.
12. Навести схеми пристроїв для *механічного захисту* лазерної оптики від продуктів ерозії матеріалу заготовки.
13. Навести схему та пристрій для *легування* поверхні заготовки з використанням дифузії – “рідина в рідину”. (які параметри опромінення та подачі модифікатору необхідно визначати – практ. заняття № 22).
14. Навести схеми засобів *керуванням характеристиками променя* резонаторним (модовим) його діафрагмуванням.
15. Навести схеми пристроїв для позиціювання оптичних елементів ОПС ЛТУ, *виготовлених із непрозорих (інфрачервоних) матеріалів*, відносно поверхні заготовки.
16. Навести схеми пристроїв для *автоматизації процесу лазерної обробки* точних отворів.
17. Навести оптичні схеми пристроїв для *последовного транспортування пучка випромінювання* до декількох споживачів.
18. Навести схеми оптичних засобів для *змінення форми поперечного перетину пучка* випромінювання. (на прикладі практичного заняття № 8 порівняти ефективність «обрізання» променю та його перебудови).
19. Навести *структуру ТОС і основні напрямки розробки* технологічного оснащення і спеціальних елементів для керування процесом обробки в технологічних операціях.
20. Навести схеми пристроїв для комбінованої (із ППД) лазерної обробки з *безупинним опроміненням* поверхні заготовки. (перелік видів деформуючих елементів для підвищення

міцності поверхні та його зносостійкості за практичним заняттям № 23)

21. Навести схеми насадок на фокусуючий елемент (різаків) для одночасної подачі в зону опромінення струменів робочого і допоміжного газів.
22. Навести оптичні схеми пристроїв для послідовного транспортування пучка випромінювання до декількох споживачів.
23. Навести схеми організаційних засобів підвищення поглинальної здатності внутрішніх циліндричних та плоских поверхонь заготовок. (оцінити ефективність схем повторного опромінення : практ. заняття № 21).
24. Навести схеми пристосувань для лазерного зварювання дротів та дротів з листовими заготовками.
25. Навести способи та схеми засобів інтенсифікації поглинальної здатності поверхні заготовки із газових середовищ. (із практичного заняття № 21 розробити умови нанесення вуглецю із смолоскипу).
26. Навести схеми пристроїв для захисту лазерної оптики від продуктів ерозії матеріалу заготовки газовими струменями.
27. Які принципи застосовуються при адаптивній організації технологічних операцій лазерної розмірної обробки
28. Навести схеми оптичних систем для змінення напрямку поширення пучка випромінювання (паралельного та кутового).
29. Яке технологічне оснащення потрібне для інтенсифікації, підвищення ефективності та якості операцій контурного лазерного вирізання?
30. Викласти принцип дії та схеми необхідних пристроїв для транспортування пучка лазерного випромінювання від лазера до споживача по світло волокну. (з практики проектування вузла, що погоджує лазер та волокно, заняття № 9, визначити необхідний ступінь свободи для їх сполучення).
31. Навести схеми оптичних пристроїв для комбінованої (із ППД) лазерної обробки з імпульсним опроміненням поверхні заготовки. (які матеріали використовують для деформуючих інденторів – із заняття № 23).
32. Навести схеми пристроїв для гравірування, що працюють за методом копіювання з розміщенням маски на поверхні заготовки.
33. Навести схему ЛТУ з технологічним модулем з транспортуванням пучка випромінювання вздовж складного контуру вирізання
34. Навести схеми багато дзеркальних сканерів (дефлекторів)..
35. Навести схеми ТОС з адаптивною формою організації технологічної операції розмірної обробки з безпосереднім контролем її розмірних результатів пневматичними засобами (заготовки простої форми з одним отвором). (визначити за практичним досвідом заняття № 35 параметри газового середовища).
36. Навести класифікацію та схеми затискних механізмів пристосувань для лазерної обробки та їх характеристики
37. Навести класифікацію способів та схеми пристроїв для захисту лазерної оптики від продуктів лазерної ерозії
38. Навести схеми аналізаторів радіального розподілу інтенсивності випромінювання в лазерному промені. Яким чином можна вдосконалити “аналізатор на спиці”?
39. Викласти принцип дії та схеми пристроїв для ультразвукової механічної модуляції добротності резонаторів на ефекті Доплера. (довести на базі практичних занять № 3 їх низьку ефективність для активних середовищ з великим коефіцієнтом підсилення).
40. Навести схеми засобів пристосувань для організаційного вдосконалювання операцій розмірної обробки.
41. Навести схеми опромінення та засоби їх організаційного вдосконалення для оптимізації процесу поглинання енергії випромінювання поверхнею заготовки.
42. Навести схеми ЛТУ з традиційною та модернізованою схемами легування поверхні заготовки при лазерному нагріванні. (чим гарантується більша ефективність розробленого в КПП методу легування – заняття №22)
43. Навести схеми оригінальних оптичних систем для перетворення пучка випромінювання з метою концентрації його енергії та надання заданої поперечної та повздовжньої форми в разі обробки

сит

44. Яке технологічне оснащення потрібне для інтенсифікації, підвищення ефективності та якості *операції контурного лазерного вирізання?*
45. Навести схеми ТОС з адаптивною формою організації технологічної операції розмірної обробки з безпосереднім контролем її розмірних результатів пневматичними засобами (*заготовки простої форми з багатьма отворами*). (практичне заняття № 32)
46. Навести класифікацію *прийомів позиціювання* заготовки в каустиці пучка випромінювання. (на базі практичних занять сформуванню особову думку про якість кожного з методів: заняття № 16 – 18)
47. Навести схеми пристроїв для *гравірування за комбінованою схемою* формування змісту малюнка..
48. Навести схеми ЛТУ для нанесення *регулярного мікрорельєфу* на поверхні виробу
49. Навести схеми організаційних засобів підвищення поглинальної здатності *внутрішніх циліндричних та плоских поверхонь заготовок*
50. Навести схеми пристосувань для *вирізання заготовок круглого контуру* шляхом переміщення (сканування) променя. (сканери на базі оптичних клинів: схеми для вирізання циліндричних отворів – заняття № 15)
51. Навести схеми різаків, які призначені для *подачі робочого газу* в зону опромінення.
52. Навести схеми засобів для підвищення якості (точності розмірів та повздовжньої форми) операції розмірної обробки
53. Навести схеми безконтактних систем автоматизованого позиціювання пучка випромінювання відносно поверхні заготовки
54. Викласти принцип дії та схеми необхідних пристроїв для транспортування пучка лазерного випромінювання від лазера до споживача по *світло волокну*. (схеми вузлів, що погоджують просторове положення променя а волокна: заняття № 9).
55. Навести схему ЛТУ з пристроями для *формування контуру зварювального шва*.
56. Навести схеми ОННС для *позиціювання дзеркальних елементів* ОПС відносно поверхні заготовки. (до якого методу позиціювання відноситься ця методика: заняття № 18)
57. Навести схеми *оптичних та механічних засобів* оптимізації форми зварювальної ванної.
58. Навести схеми пристосувань для *вирізання заготовок круглого контуру* шляхом переміщення (сканування) променя. (наведіть найпростіші схеми сканування: практичне заняття № 15).
59. Навести схеми ЛТУ з пристроями для автоматичного керування процесом обробки *за параметрами ерозійного факела руйнації матеріалу*.
60. Привести схеми систем та елементну базу для *автоматизації процедури позиціювання заготовки у каустиці пучка випромінювання* (жорсткі і податливі упори).
61. Викласти принцип дії та схеми пристроїв для ультразвукової механічної модуляції добротності резонаторів на *зміні порога генерації активного середовища*.
62. Навести схеми пристроїв для позиціювання ОПС ЛТУ відносно поверхні заготовки з *додатковим підсвічуванням зони* опромінення. (принцип подвійного зображення, як сучасніший метод відносного позиціювання: практичне завдання № 18)
63. Визначити *напрямки застосування спеціальних пристосувань* для операцій поверхневої термообробки. Навести схеми деяких пристроїв.
64. Навести способи та схеми оптичних *засобів інтенсифікації поглинальної здатності* поверхні заготовки. (чим відрізняються організаційні та оптичні схеми підвищення поглинальної здатності: практичне заняття № 21).
65. Навести схеми *трансфокаторів із плавним змінням умов* опромінення (фокусної відстані).
66. Навести класифікацію та *схеми затискних механізмів* пристосувань для лазерної обробки та їх характеристики
67. Навести схеми ЛТУ з пристроями для автоматичного керування процесом обробки *за параметрами ерозійного факела руйнації матеріалу*
68. Навести схеми ЛТУ з пристроями для автоматичного керування процесом обробки *за параметрами ерозійного факела руйнації матеріалу*.
69. Навести схеми трансфокаторів *із дискретним змінням умов* опромінення (фокусної відстані). (алгоритм підбору складових оптичних елементів трансфокатору на базі практичного заняття № 14)



70. Навести схеми ЛТУ з адаптивною організацією технологічної операції за результатами контролю *непрямих результатів процесу* обробки
71. Навести схеми ТОС з адаптивною формою організації технологічної операції розмірної обробки з безпосереднім контролем її розмірних результатів пневматичними засобами (*заготовки складної форми з одним отвором*). (Навести вимоги до пневматичної характеристики вимірювальної системи та засоби її керуванням: практичне заняття № 35)
72. Навести схеми *електрофізичних і комбінованих засобів* захисту лазерної оптики від продуктів ерозійного факелу.
73. Навести схему оптичної системи для обробки отворів в матеріалах з високою теплопровідністю шляхом створення навкруги зони опромінення *теплової завіси*
74. Навести принципи дії приладів для керування тонкою часовою структурою імпульсів випромінювання (*оптичні модулятори*: ЭОМ, АОМ, МОМ). Оцінити їх якості (на базі практичного заняття № 3).
75. Навести схеми приладів для визначення інтегральних характеристик пучка випромінювання за тупиковою схемою вимірювання.
76. Проаналізувати *механізм формування багато модових пучків* випромінювання в оптичному резонаторі з посилюючим середовищем. Які вади набуває пучок випромінювання внаслідок такої схеми підсилення випромінювання? (що таке ЛБХв та ЛБС: практичне заняття № 3).
77. Навести схеми технологічного оснащення ЛТУ для оптимізації початку та закінчення переходу *різання тупикових різів* в операціях контурного вирізання виробів
78. Навести схеми оптичних пристроїв для *паралельного транспортування пучків* лазерного випромінювання
79. Навести схеми ЛТУ з ОННС для її позиціювання відносно поверхні заготовки за методом подвійного зображення. (Яким чином може відбуватися подальше вдосконалення такої ОННС: заняття № 18).
80. Які принципи застосовуються при адаптивній організації технологічних операцій лазерної розмірної обробки
81. Навести схеми приладів для визначення інтегральних характеристик пучка випромінювання за тупиковою схемою вимірювання.
82. Навести схеми оптичних та механічних пристосувань для сканування лазерного променя при необхідності *вирізання заготовок круглої форми або отворів* в них.
83. Навести схеми внутрішніх резонаторних приладів для *керування характеристиками пучка випромінювання* (енергією (потужністю), кутовими і розмірними характеристиками).
84. Навести схеми ЛТУ з ОННС для її позиціювання відносно поверхні заготовки за *методом подвійного зображення*. (Яким чином може відбуватися подальше вдосконалення такої ОННС: заняття № 18).
85. Навести схеми пристроїв для керування тонкою часовою структурою імпульсу випромінювання (*механічні модулятори*). (які головні недоліки механічних модуляторів: практичне заняття № 3).
86. Навести схеми оптичних пристроїв для *паралельного транспортування пучків* лазерного випромінювання.
87. Навести схеми сканерів пучка випромінювання за *круговою траєкторією*
88. Навести оптичні схеми для позиціювання ОПС відносно поверхні заготовки в *промені додаткового освітлювача* з іншою, ніж у робочого променя довжиною хвилі. (практичне заняття № 18).
89. Яким чином діють засоби для нанесення твердих поглинаючих покриттів на поверхні заготовки з метою підвищення її поглинальної здатності.
90. Навести схеми засобів інтенсифікації поглинальної здатності поверхні заготовки в операціях лазерної обробки із рідких середовищ
91. Навести схеми (конструкції) *сканерів (дефлекторів)* на елементах, що *переломлюють*.
92. Навести схеми *проекційних оптичних систем* для гравірування лазерним променем шляхом копіювання. Навести приклади підвищення їх гнучкості. (Заняття № 25 – гравірування шляхом копіювання змісту маски)
93. Класифікувати *настановні елементи пристосувань* за формою поверхні заготовки.
94. Навести схему ЛТУ для розмірної обробки із застосуванням енергії від *додаткових джерел*.
95. Навести схему ЛТУ для розмірної обробки із застосуванням енергії від *додаткових джерел*

96. Навести схеми та алгоритм розрахування *трансфокатору з дискретним змінюванням фокусної відстані*. (заняття № 15).
97. Які способи та засоби їх реалізації використовуються для *обробки отворів в заготовках із прозорих матеріалів*. (Практичне заняття № 34)
98. Навести схеми сканерів для терапії з *поступовим переміщенням дзеркала, що відхиляє*. Які особливості кінематики такого руху?
99. Які *спеціальні настановні елементи ЛТУ* (столи та опори) застосовуються при наскрізній обробці заготовки
100. Навести принципи побудови *сканерів для терапевтичних процедур спрощеної конструкції з універсальним законом сканування променя по поверхні зони опромінення*.
101. Навести схему аналізатора пучка випромінювання на спиці з *двома обертовими рухами* для одержання інформації в імпульсному вигляді.
102. Навести схеми опромінення з *поверненням у зону обробки відбитих від поверхні променів*. З якою метою вони застосовуються? Які результати досягнуто? (Приклади їх використання для циліндричних поверхонь заготовки: заняття № 21).
103. Навести схеми *сканерів лазерного променя на одному дзеркалі*.
104. Надати *порівняльні характеристики* лазерного гравірування скануванням пучка випромінювання та з копіюванням малюнка маски. Области застосування кожного з методів.
105. Навести схеми сканерів на *прозорих елементах, що обертаються*. (на ексцентричній лінзі, на оптичних клинах; дати схему за результатами виконання практичного завдання № 14).
106. В яких операціях та для чого застосовується *лазерна обробка з подачею води в зону опромінювання?*
107. Навести схему оптичного пристрою для нанесення аморфної плівки *на поверхню заготовки значної довжини без перекриття окремих зон*. (Використання явища повного внутрішнього віддзеркалення: практичне заняття № 22).
108. Навести схеми сканерів для терапії з *поступовим переміщенням та коливальним відхиленням дзеркала, що відхиляє*. Які особливості кінематики такого руху?
109. Якими пристроями можна *вдосконалити двох координатну різальну ЛТУ* порталного типу (із оптикою, що “літає”).
110. Навести схеми сканерів для терапії з *кутовим відхиленням дзеркала, що відхиляє*. Які особливості кінематики такого руху? Яким чином обирається профіль кулачка та чим забезпечується вимога до спрощення технології його виготовлення?
111. Навести схеми ЛТУ з ОННС для її позиціонування відносно поверхні заготовки за *методом подвійного зображення*. (навести схему з можливістю налагодження положення заготовки в різні рівні каустики променя: заняття № 18)

## **Додаток 3**

Тестові завдання для on-line екзамену з освітнього компоненту  
«Спеціальні елементи та оснащення лазерних технологічних комплексів»

Білет №1  
Питання 1

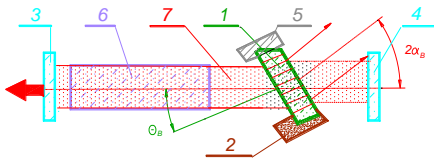


Рис.1.1.

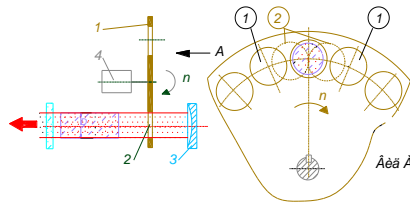


Рис.1.2

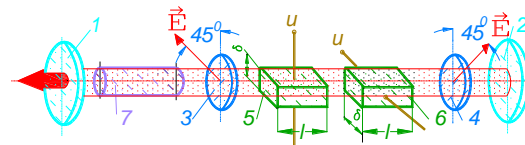


Рис.1.3

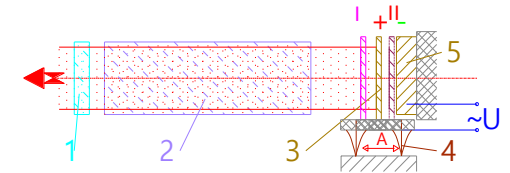


Рис.1.4

**Питання 1:** Схеми яких пристроїв зображено на малюнках? Розташуйте варіанти у порядку якості результатів їх використання.

Питання 2

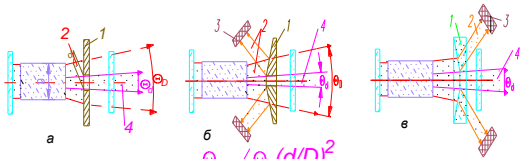


Рис. 2.1.

**Питання 2:** Схеми якого пристрою зображено на малюнках? Розташуйте варіанти за якістю результатів їх використання.

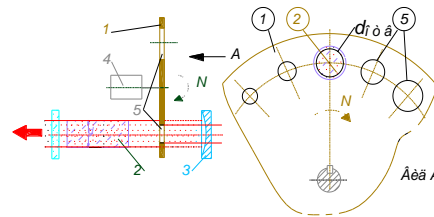


Рис. 2.2.

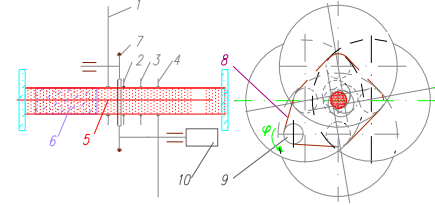


Рис.2.3.

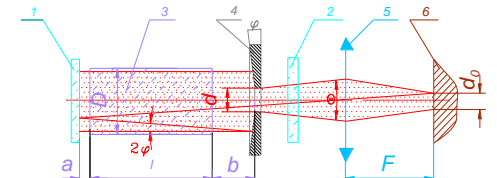


Рис. 3.4

Питання 3

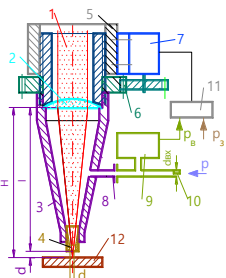


Рис. 3.1

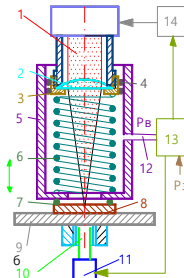


Рис. 3.2.

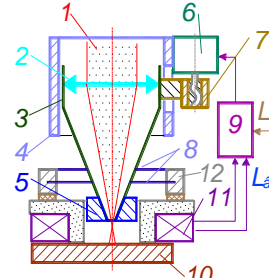


Рис.3.3

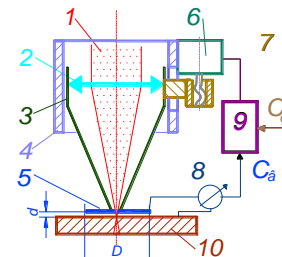


Рис. 3.4

**Питання 3:** Які функції мають виконувати прилади наведених схем в розмірній обробці лазерним променем.

**Варіанти відповідей**

A – фіксація зони опромінення від зміщення у поперечних напрямках

B – налагодження первинного та підтримання заданого відносного положення променя та поверхні заготовки

C – опромінення при повздовжньому колюванні каустики променя

D – налагодження первинного заданого відносного положення променя та поверхні заготовки

Білет №2  
Питання 1

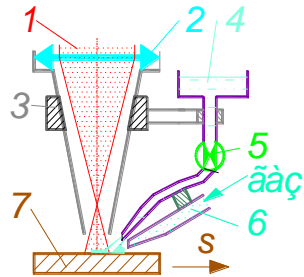


Рис. А.

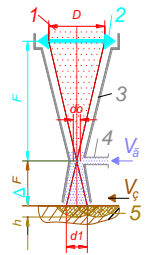


Рис. В

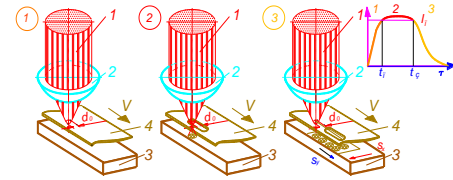


Рис. С

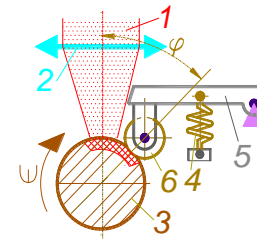


Рис. D

**Питання 1:** Схеми яких технологічних операцій зображено на малюнках? Розташуйте варіанти за таким порядком: аморфізація, легування, зміцнення, ППД з лазерним нагріванням.

Питання 2

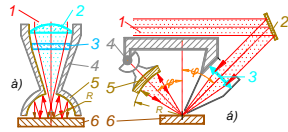


Рис. 2.1.

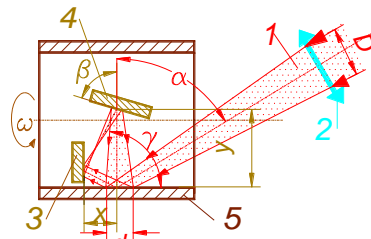


Рис. 2.2.

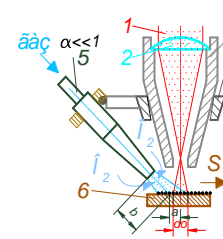


Рис.2.3.

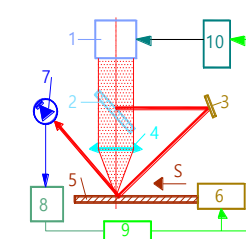


Рис. 2.4

**Питання 2:** Для покращення якої якості обробки технологічної операції призначені наведені схеми та пристрої: А – точності; В – продуктивності; С – собівартості; D - ефективності

Питання 3

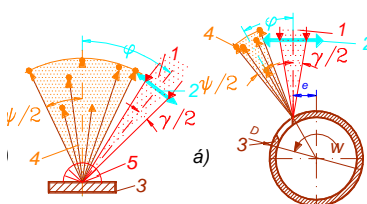


Рис. 3.1

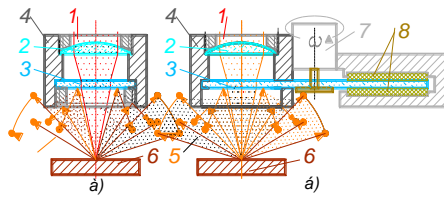


Рис. 3.2.

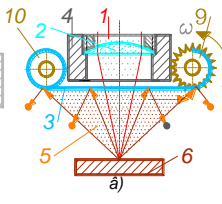


Рис.3.3

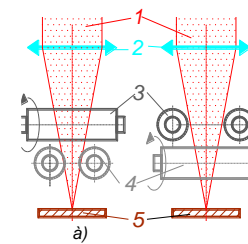
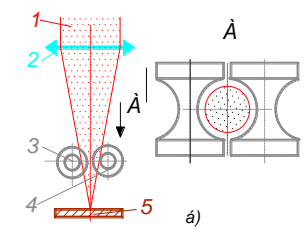


Рис. 3.4



**Питання 3:** З якою метою використовуються схеми обробки та пристрої, що зображено?

**Варіанти відповідей:** А – для підвищення точності обробки; В – для збільшення продуктивності операції; С – для зниження її собівартості  
D – для захисту оптичних елементів від ерозійного факелу

Білет №3  
Питання 1

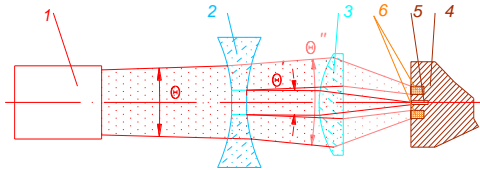


Рис.1.1.

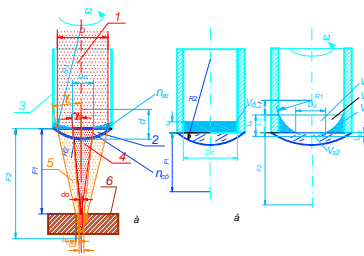


Рис.1.2

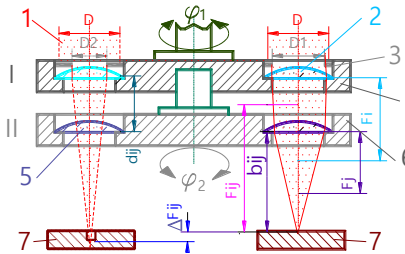


Рис.1.3

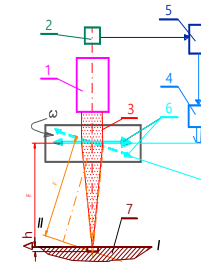


Рис.1.4

**Питання 1:** Оберіть з наведених схем оптичних пристроїв ті, що сприяють підвищенню: 1. точності поперечного розміру отворів; 2. відповідності повздовжньої їх форми заданій; 3. ефективності обробки; 4 - усім вимогам до операції

Питання 2

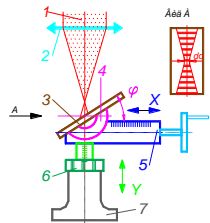


Рис. 2.1.

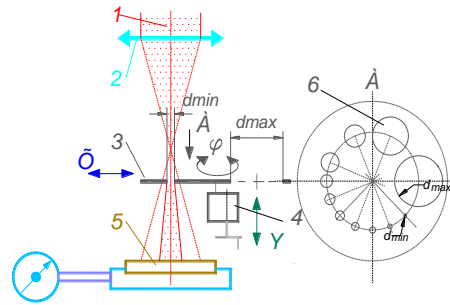


Рис. 2.2.

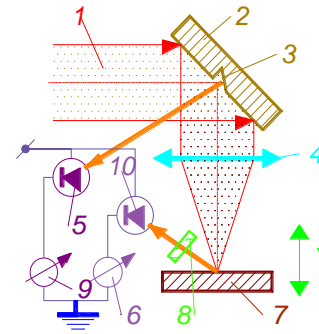


Рис.2.3.

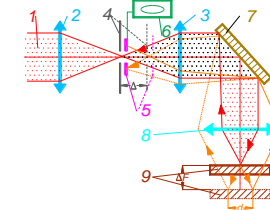


Рис. 2.4

**Питання 2:** За яким загальним принципом виконується пошук перетину каустики променя заданих параметрів для розміщення поверхні заготовки?

**A.** за розміром зони опромінення на поверхні заготовки; **B.** за результатом впливу променя на заготовку; **C.** за результатами діагностики каустики; **D** за розрахунками

Питання 3

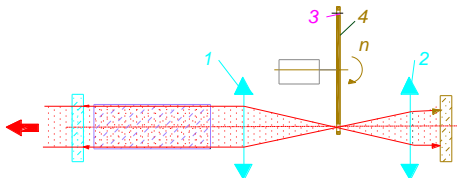


Рис. 3.1

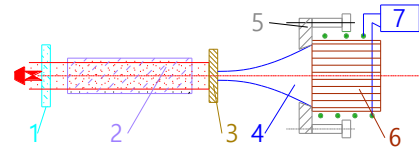


Рис. 3.2.

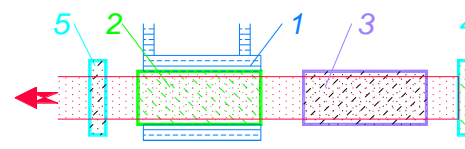


Рис.3.3

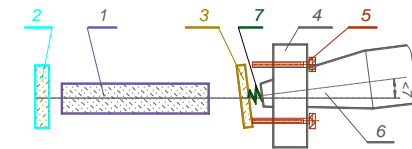


Рис. 3.4

**Питання 3:** Який з наведених схем модуляторів добротності резонатору є пасивним?

Білет №5  
Питання 1

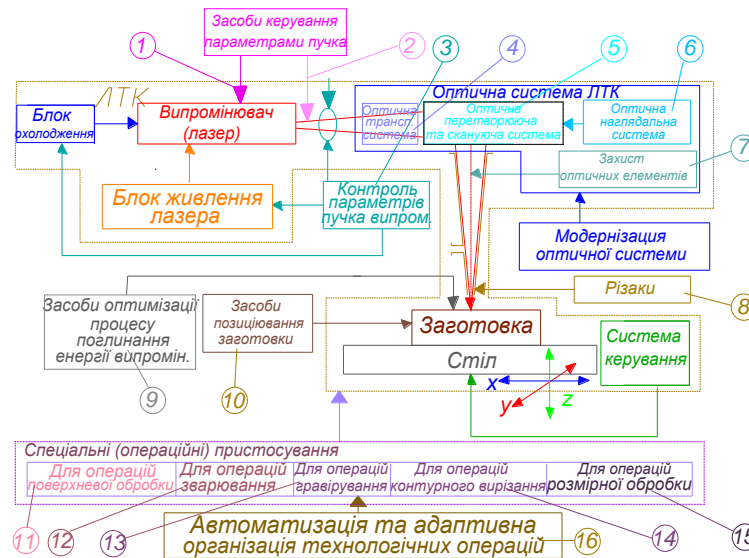


Рис.1.1.

**Питання 1:** Які засоби необхідно використовувати для керування часовим режимом подачі енергії випромінювання:

- А. блок живлення лазера, В. засоби внутрішнього впливу на властивості резонатора лазера; С - засоби зовнішнього впливу на лазерний промінь, D - оптичну наглядову систему

**Питання 2.**

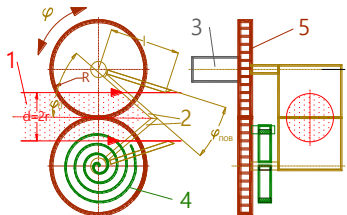


Рис. 2.1.

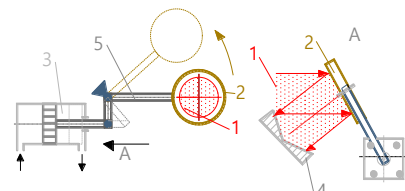


Рис. 2.2.

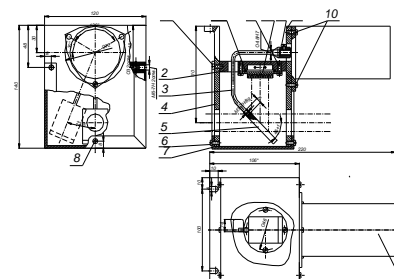


Рис.2.3.

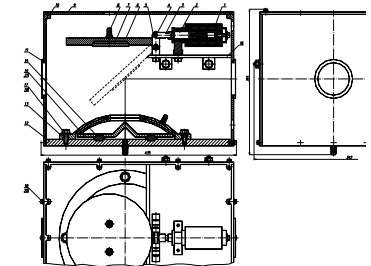


Рис. 2.4.

**Питання 2:** За якою схемою повинна будуватися заслінка для аварійних або технологічних перерв у подачі лазерної енергії в зону обробки при потужності променя до 1,5 кВт

### Питання 3

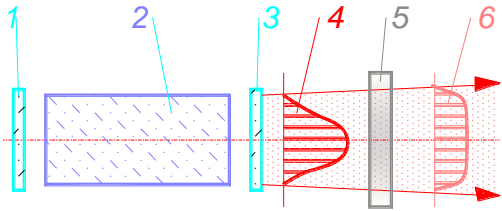


Рис. 3.1

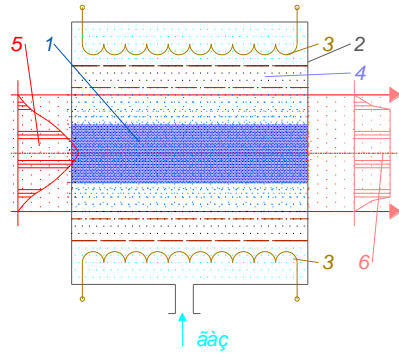


Рис. 3.2.

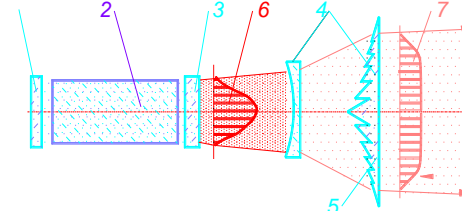


Рис.3.3

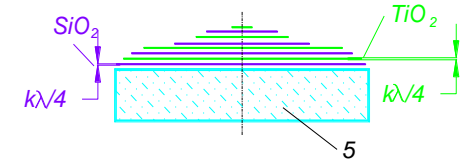


Рис. 3.4

**Питання 3:** За якою схемою можна досягти обраного закону розподілу енергії в поперек лазерного променя, зважаючи на реальний розподіл в останньому на його виході з резонатору?



Білет №6  
Питання 1

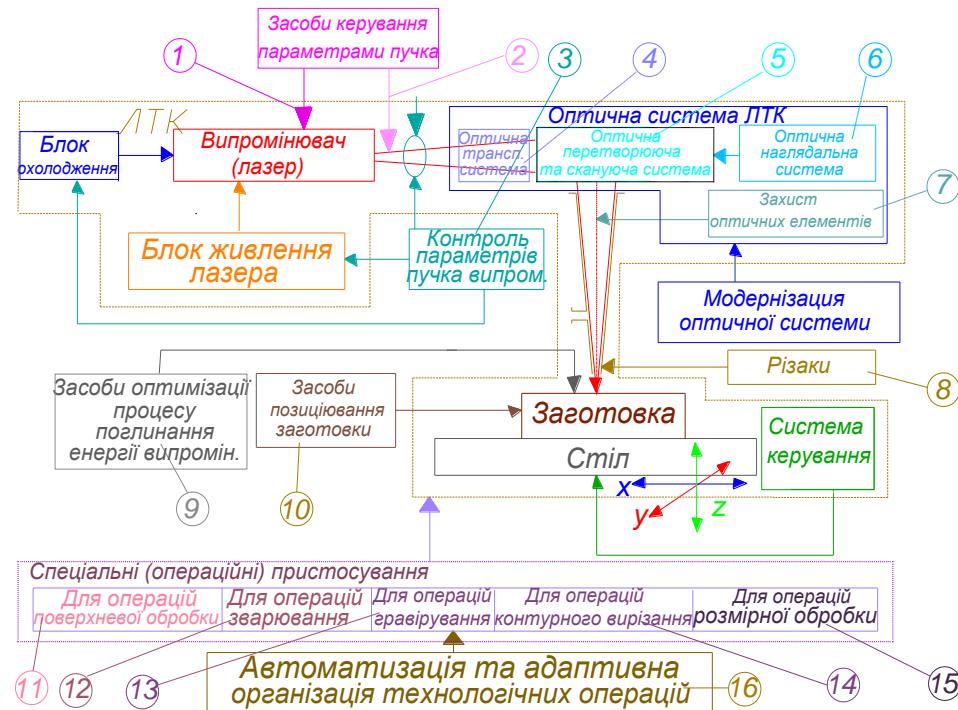


Рис.1.1.

**Питання 1:** Які засоби необхідно використовувати для керування формою попереку лазерного променя

**А.** блок живлення лазера; **В.** засоби внутрішнього впливу на властивості резонатора лазера; **С-** засоби зовнішнього впливу на лазерний промінь; **Д.** - оптичну наглядову систему

**Питання 2.**

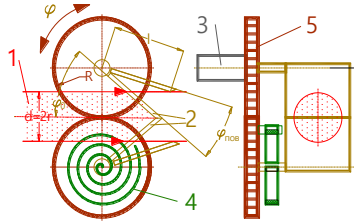


Рис. 2.1.

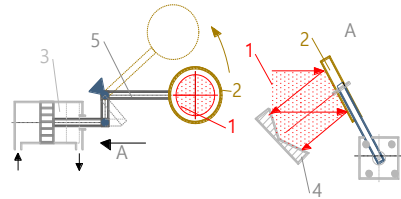


Рис. 2.2.

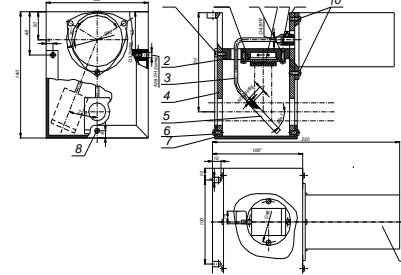


Рис.2.3.

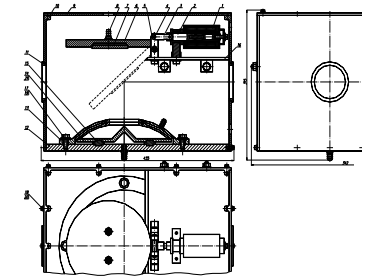


Рис. 2.4.

**Питання 2:** За якою схемою повинна будуватися заслінка для аварійних або технологічних перивів у подачі лазерної енергії в зону обробки при потужності променя до 1,5 кВт

### Питання 3

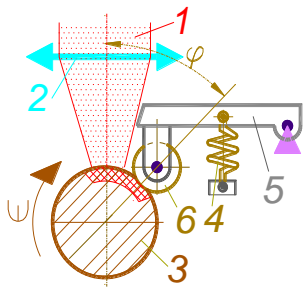


Рис. 3.1

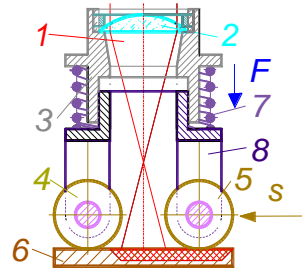


Рис. 3.2.

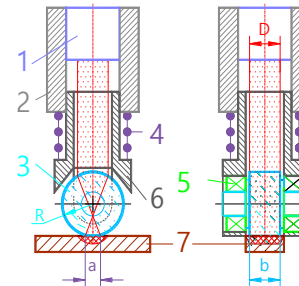


Рис.3.3

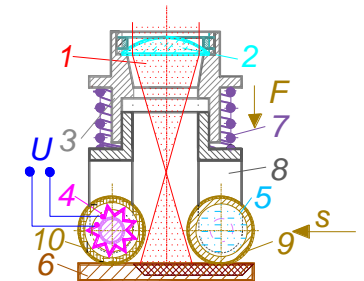


Рис. 3.4

**Питання 3:** Яку схему опромінення та засіб необхідно використовувати для комбінованої обробки (ППД та лазерний нагрів) заготовки з вимогою збереження вихідної якості поверхні та досягнення напружень стиску у приповерхневому шарі?

Білет №7  
Питання 1

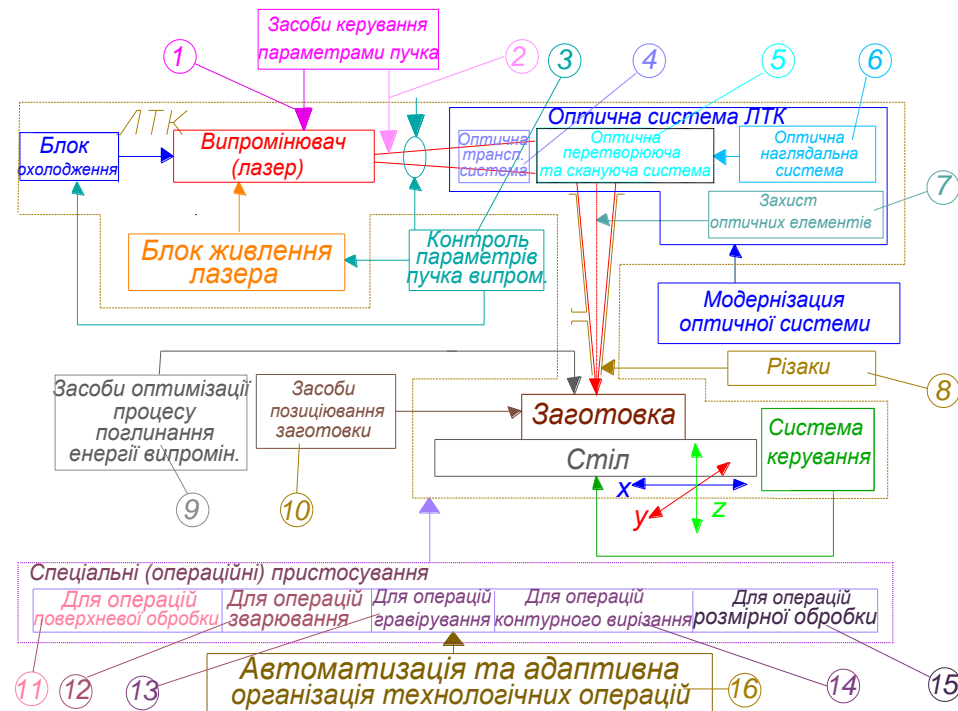


Рис.1.1.

**Питання 1:** Які засоби необхідно використовувати для керування ефективністю поглинання лазерної енергії поверхнею заготовки?

**А.** блок живлення лазера; **В** -засоби модернізації оптичної системи; **С** - блок охолодження лазера; **Д** - засоби оптимізації оптичних властивостей поверхні заготовки

**Питання 2.**

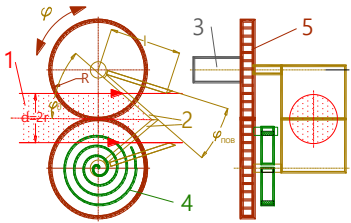


Рис. 2.1.

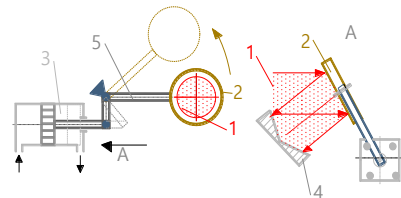


Рис. 2.2.

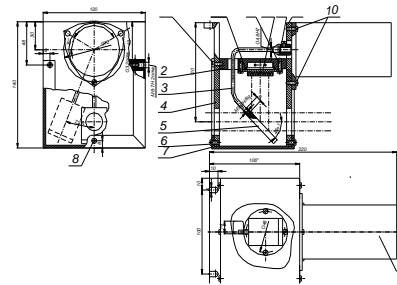


Рис.2.3.

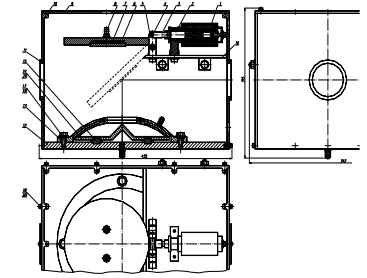


Рис. 2.4.

**Питання 2:** За якою схемою повинна будуватися заслінка для аварійних або технологічних перивів у подачі лазерної енергії в зону обробки при потужності променя більше 3,0 кВт

**Питання 3**

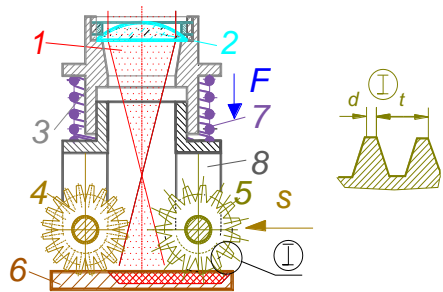


Рис. 3.1

$$\left(\frac{d_f t_c}{d_{\phi} t_i}\right)^2 = \frac{H_{\mu}^{\bar{a}}}{H_{\mu}^{\bar{b}}}$$

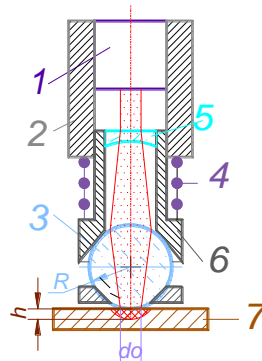


Рис. 3.2.

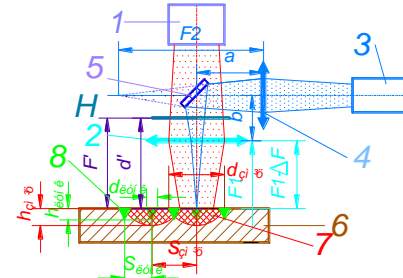


Рис.3.3

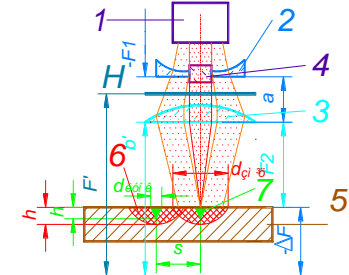


Рис. 3.4

**Питання 3:** Яку схему опромінення та засіб необхідно використовувати для ефективно комбінованої обробки (зміцнення поверхні та формування не ній регулярного рельєфу) заготовки, що працює з тертям?

**Білет №8  
Питання 1**

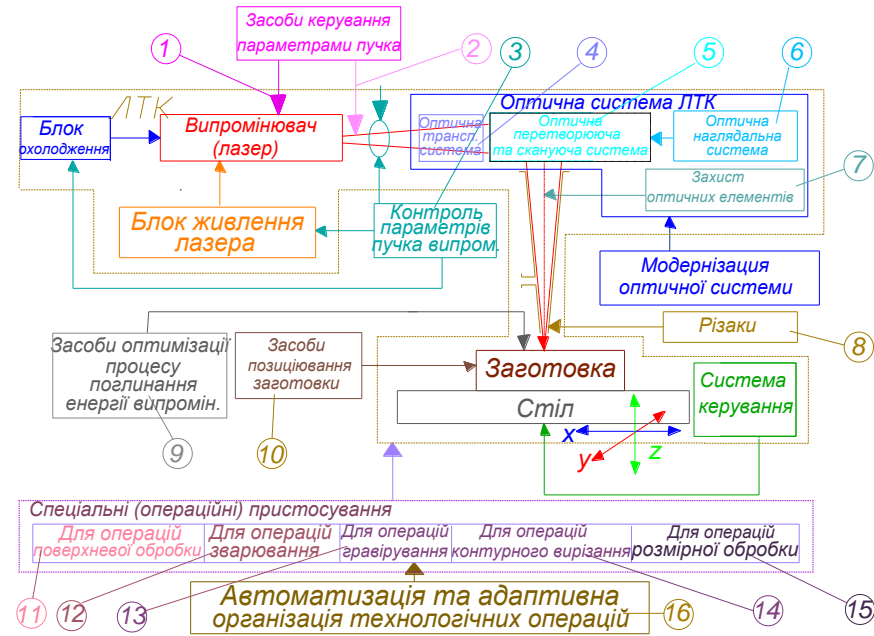


Рис.1.1.

**Питання 1:** Які засоби необхідно використовувати для підвищення точності відносного позиювання променя та заготовки вздовж осі останнього?  
**А** - засоби контролю параметрів променя; **В** - оптичну транспортувальну систему; **С** - блок живлення лазера; **Д** - оптичну наглядову систему

**Питання 2.**

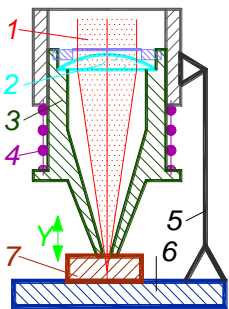


Рис. 2.1.

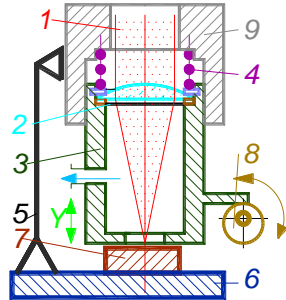


Рис. 2.2.

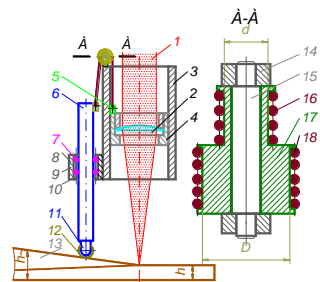


Рис.2.3.

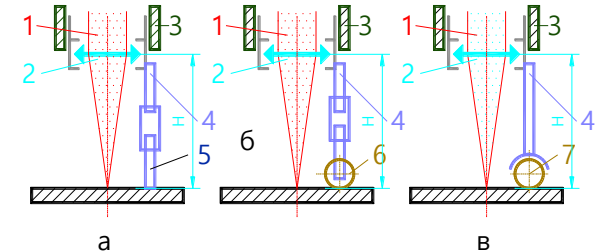


Рис. 2.4.

**Питання 2:** Який перехід технологічної операції виконується за допомогою пристроїв за кожною із наведених схем?

**Варіанти відповіді:** **A** – фіксація зони опромінення від зміщення у поперечних напрямках; **B** – опромінення при повздовжньому коливанні каустики променя; **C** – налагодження первинного та підтримання заданого відносного положення променя та поверхні заготовки; **D** – налагодження первинного заданого відносного положення променя та поверхні заготовки

### Питання 3

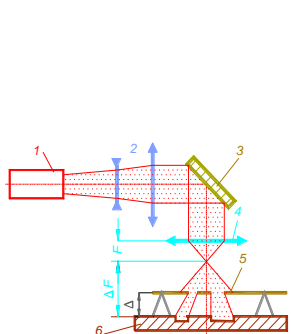


Рис. 3.1

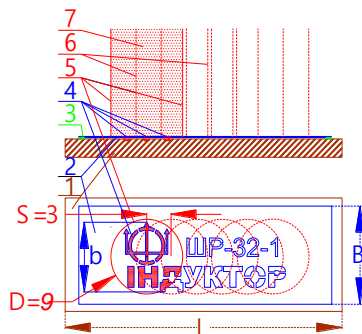


Рис. 3.2.

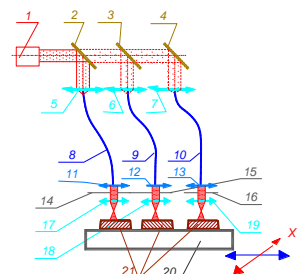
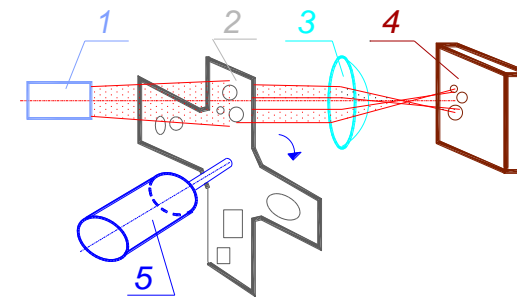


Рис.3.3



.Рис. 3.4

**Питання 3:** Яку схему опромінення та засіб необхідно використовувати для формування малюнку, розміром більшим ніж розмір пепереку променя?

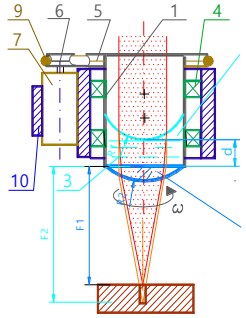


Рис. 4.1.

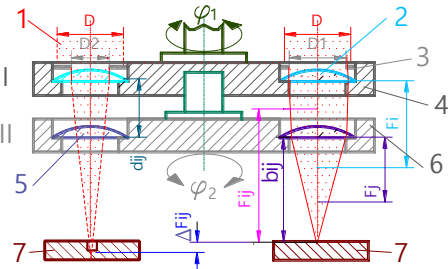


Рис. 1.2

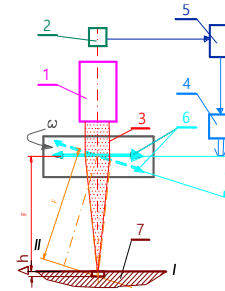


Рис. 1.3

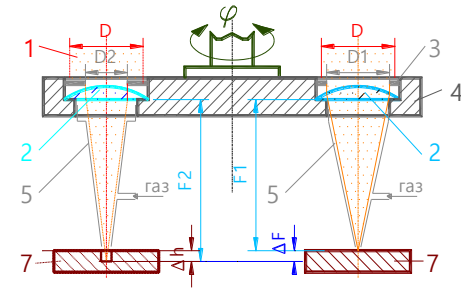


Рис. 1.4

**Питання 1:** Яку схему трансфокатора найбільш придатна для використання в операціях обробки глибоких отворів ( $h/d > 10$ ) циліндричної форми?

**Питання 2**

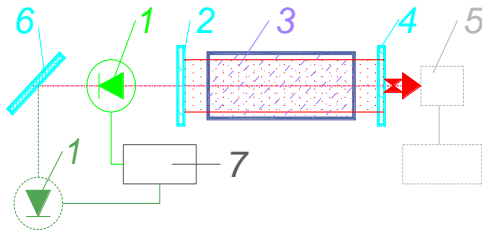


Рис. 2.1.

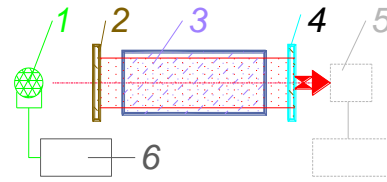


Рис. 2.2.

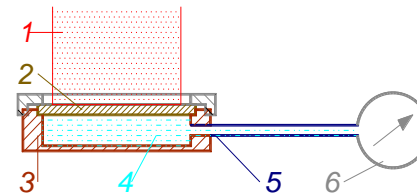


Рис. 2.3.

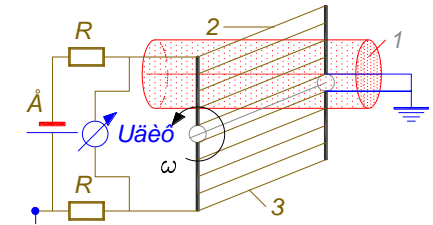


Рис. 2.4

**Питання 2:** За якою схемою вимірвач потужності променя працює за прямим методом вимірювання, тобто є калориметричним?

**Питання 3**

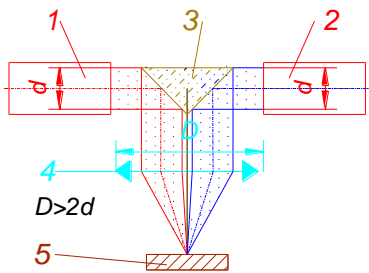


Рис. 3.1

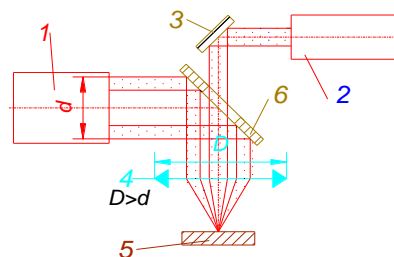


Рис. 3.2.

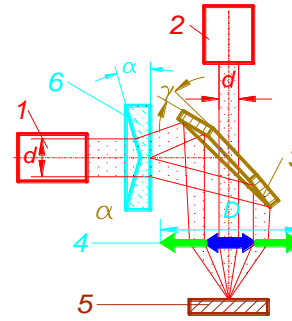


Рис. 3.3

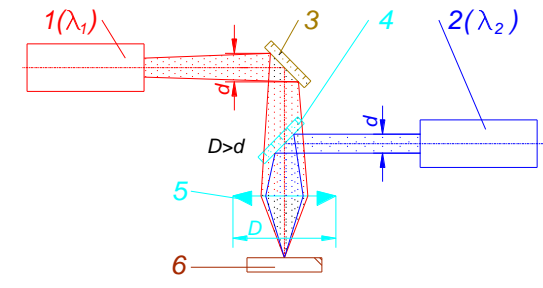


Рис. 3.4

**Питання 3:** Яка схема оптичного суматора лазерних променів може застосовуватися для зведення потужностей випромінювання від лазерів УФ та ІЧ діапазонів?

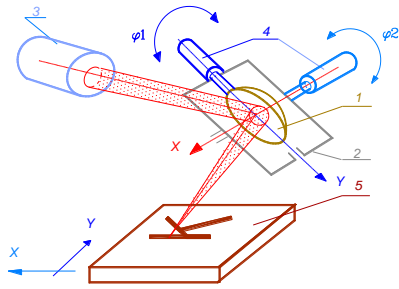


Рис 1.1.

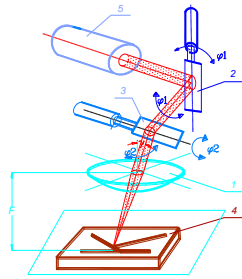


Рис.1.2

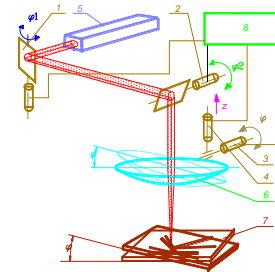


Рис.1.3

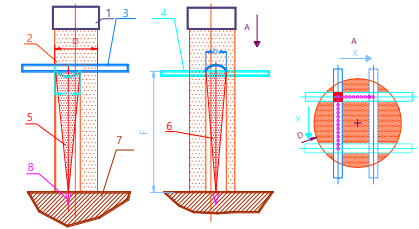


Рис.1.4

**Питання 1:** Яка з схем двох координатних граверів характеризується найпростішими вимогами до підготовки операції та не потребують складного програмування?

**Питання 2**

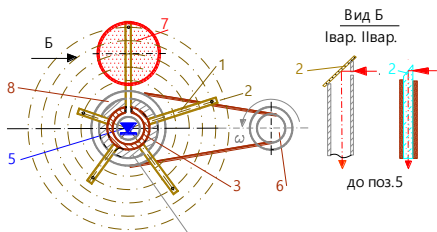


Рис. 2.1.

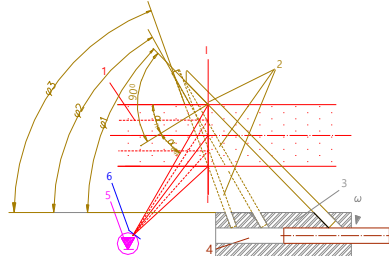


Рис. 2.2.

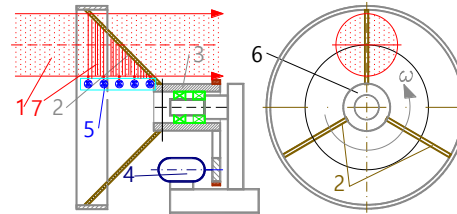


Рис.2.3.

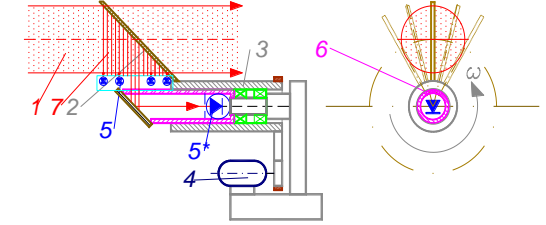


Рис. 2.4

**Питання 2:** Яка з схем аналізаторів працює в двох координатному просторі та дозволяє створювати об'ємну картину розподілу потужності у перетині променя?

**Питання 3**

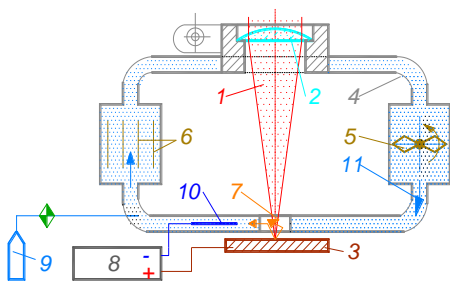


Рис. 3.1

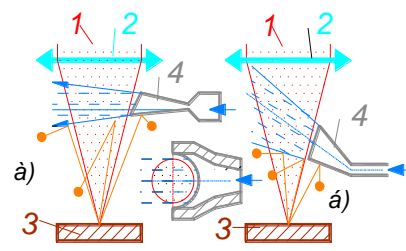


Рис. 3.2.

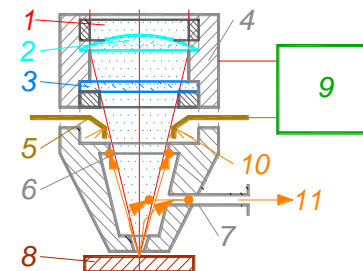


Рис.3.3

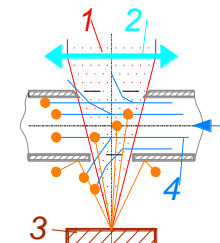


Рис. 3.4

**Питання 3:** За якою схемою пристрій для захисту оптичного елемента може надійно захищати від продуктів руйнування металевих та неметалевих матеріалів лазерним променем?