



Національний технічний університет України  
«КІЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»



**Процеси лазерної поверхневої обробки**  
**Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)**  
**Реквізити навчальної дисципліни**

<b>Рівень вищої освіти</b>	<i>Другий (магістерський)</i>
<b>Галузь знань</b>	<i>13 Механічна інженерія</i>
<b>Спеціальність</b>	<i>131 Прикладна механіка</i>
<b>Освітня програма</b>	<i>Лазерна техніка та процеси фізико-технічної обробки матеріалів</i>
<b>Статус дисципліни</b>	<i>Вибіркова</i>
<b>Форма навчання</b>	<i>Денна / змішана</i>
<b>Рік підготовки, семестр</b>	<i>I курс</i>
<b>Обсяг дисципліни</b>	<i>150 год/5 кредитів ЄКТС лекційні заняття – 36 год, практичні заняття – 18, лабораторні заняття - 18 самостійна робота – 78 год</i>
<b>Семестровий контроль/ контрольні заходи</b>	<i>екзамен</i>
<b>Розклад занять</b>	<i>згідно <a href="http://www.roz.kpi.ua">www.roz.kpi.ua</a></i>
<b>Мова викладання</b>	<i>Українська</i>
<b>Інформація про керівника курсу / викладачів</b>	<i>Лектор: д.т.н., професор, Головка Леонід Федорович <a href="mailto:leonqolovko@gmail.com">leonqolovko@gmail.com</a> Практичні: к.т.н., доцент, Блощизин Михайло Сергійович <a href="mailto:m.bloshchytsyn@gmail.com">m.bloshchytsyn@gmail.com</a> Лабораторні: к.т.н., доцент, Блощизин Михайло Сергійович <a href="mailto:m.bloshchytsyn@gmail.com">m.bloshchytsyn@gmail.com</a></i>
<b>Розміщення курсу</b>	<i>Електронний кампус та GSuite в ПДН «Сікорський» <a href="https://classroom.google.com/c/MTgwNzYyMzYxMDM2?cjc=vq4uiaiu">https://classroom.google.com/c/MTgwNzYyMzYxMDM2?cjc=vq4uiaiu</a></i>

**Програма навчальної дисципліни**

**Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання**

Кредитний модуль "Процеси лазерної поверхневої обробки" відноситься до циклу професійної та практичної підготовки і базується на знаннях, які засвоїв студент при вивченні фундаментальних та спеціальних дисциплін, у тому числі, вищої математики, фізики, матеріалознавства, опору матеріалів, деталей машин і основ конструювання, електротехніки й електроніки, основ теорії теплопровідності, фізики технологічних лазерів, технології машинобудування, електрофізичних та електрохімічних методів обробки матеріалів, лазерної поверхневої обробки. лазерного технологічного обладнання, фізичних методів досліджень.

Застосування лазерного випромінювання у промисловості, його результати стали основою широкого розповсюдження технологій лазерного зміцнення, легування, наплавлення, зварювання, вирощування трьох вимірних виробів для вирішення різних конкретних завдань промисловості. Вивчення кредитного модуля спрямоване на формування у студента можливості розширення меж використання цих ефективних технологій в різних областях промисловості шляхом розробки і впровадження нових високоефективних і конкурентноздатних процесів в комбінації з іншими більш дешевими джерелами енергії, такими як електрична плазма, електрична дуга. Ультразвук.

Магнітне поле й інше. Тому розробка нових підходів до створення технологічних процесів шляхом використання комп'ютерних технологій проектування, як процесів, так і обладнання, є наступним кроком розвитку промисловості України.

**Мета курсу:** вивести рівень знань студентів на межу між існуючими досягненнями лазерних технологій і новими розробками процесів, обладнання, систем керування і автоматизації, комбінацій з іншими високоефективними і більш дешевими джерелами енергії.

**Предмет курсу:** створення нових конкурентноспроможних технологій і відповідного обладнання, що дозволяють використовувати розроблені процеси для підвищення ефективності виробництва України, її обороноздатності. Встановлення можливостей поверхневої обробки, як технологічної системи, основу якої становлять фізико-хімічні процеси, що відбуваються в поверхневому шарі матеріалу при дії лазерного випромінення. Встановлення зв'язків між параметрами лазерного випромінення, властивостями матеріалу, що обробляється, і умовами їх взаємодії, обумовлює можливість управління термічними процесами і, як наслідок, результатами обробки (глибиною зміцненого шару, його мікроструктурою, твердістю, зносостійкістю і т. ін.).

#### **Навіщо це потрібно студенту?**

Кредитний модуль "Процеси лазерної *поверхневої обробки*" формує необхідні знання і навички наукової та проектно-конструкторської діяльності майбутнього науковця дослідника в області пошуку і розробки новітніх процесів фізико-технічної обробки матеріалів та відповідного обладнання, що є базовим умінням для здійснення професійної діяльності.

Вивчення освітнього компонента передбачає формування та розвиток у студентів компетентностей, передбачених освітньою програмою *«Лазерна техніка та процеси фізико-технічної обробки матеріалів»*, яка розроблена з урахуванням Стандарту вищої освіти України: другий (магістерський) рівень, галузь знань 13 – Механічна інженерія, спеціальність 131 – Прикладна механіка. Затверджено і введено в дію наказом Міністерства освіти і науки України від 20.06.2019 р. № 865.

#### **Загальні компетентності:**

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

#### **Фахові компетентності:**

ФК 1 Здатність застосовувати відповідні методи і ресурси сучасної інженерії для знаходження оптимальних рішень широкого кола інженерних задач із застосуванням сучасних підходів, методів прогнозування, інформаційних технологій та з урахуванням наявних обмежень за умов неповної інформації та суперечливих вимог.

ФК 2 Здатність описати, класифікувати та змоделювати 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 3 Здатність генерувати нові ідеї (креативність)

ФК5 Здатність планувати і виконувати експериментальні й теоретичні дослідження з прикладної механіки та дотичних міждисциплінарних проблем, опрацьовувати і узагальнювати результати досліджень.

**Результати навчання освітнього компонента** деталізують такі програмні результати навчання, передбачені освітньою програмою *«Лазерна техніка та процеси фізико-технічної обробки матеріалів»*:

РН 1 Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання новітніх методів та методик проектування, аналізу і дослідження конструкцій, машин та/або процесів в галузі машинобудування та суміжних галузях знань.

PH 4 Використовувати сучасні методи оптимізації параметрів технічних систем засобами системного аналізу, математичного та комп'ютерного моделювання, зокрема за умов неповної та суперечливої інформації.

PH 5 Самостійно ставити та розв'язувати задачі інноваційного характеру, аргументувати і захищати отримані результати та прийняті рішення

PH 14 Застосовувати фундаментальні та прикладні знання та вміння в галузі інноваційних технологій машинобудування.

PH 15 Планувати і виконувати експериментальні і теоретичні дослідження у сфері прикладної механіки, аналізувати їх результати, обґрунтовувати висновки.

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

Навчальна дисципліна є обов'язковою компонентою освітньої програми «Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій» і належить до циклу професійної підготовки. Для вивчення даного кредитного модуля необхідне успішне засвоєння навчального матеріалу, з таких дисциплін і кредитних модулів, як «Вища математика», «Лінійна алгебра і аналітична геометрія», «Теоретична механіка», «Теоретичні основи теплотехніки», «Механіка матеріалів і конструкцій - 1.Опір матеріалів», «Фізичні основи лазерних технологій», «Матеріалознавство», «Фізика лазерів», «Фізика взаємодії концентрованих потоків енергії з речовиною», «Основи наукових досліджень та технічної творчості», «Технологія машинобудування», «Лазерна поверхнева обробка».

Знання, отримані при вивченні даної дисципліни використовуються студентами при подальшому вивченні таких дисциплін, як «Математичне моделювання об'єктів та систем», «Проектування та експлуатація лазерного технологічного обладнання», «Проектування оптично-механічних вузлів», «Основи розрахунку та конструювання вузлів лазерного технологічного обладнання», «Оптимізація технологічних об'єктів та систем», а також при проходженні переддипломної практики, дипломному проектуванні та підготовці магістерських дисертацій, що виконуються за напрямком досліджень процесів фізико-технічної обробки матеріалів.

### **2. Зміст навчальної дисципліни**

Тема 1. Лазерне поверхнєве зміцнення та формоутворення виробів.

Тема 2. Лазерне термоцикування плазмових покриттів.

Тема 3. Процеси лазерного спікання композитів та лазерно - дугового наплавлення..

Тема 4. Інтенсифікація хіміко-термічної обробки застосуванням лазерної обробки.

Тема 5. Лазерно - ливарні способи виготовлення біметалів.

Тема 6. Застосування лазерної обробки для підвищення якості бурових доліт.

Тема 7. Застосування лазерного випромінювання для керованого нагрівання органічних середовищ.

### **Навчальні матеріали та ресурси**

#### **Базова**

1. Головка Л.Ф., Блощицин М.С. електронна версія конспекту лекцій до дисципліни «Процеси лазерної поверхневої обробки»; гриф механіко-машинобудівного інституту; протокол Вченої Ради MMI № 2; дата отримання грифу 25.09.2017.

2. Головка Л.Ф., Блощицин М.С. електронна версія конспекту лекцій до дисципліни «Лазерна поверхнева обробка; гриф механіко-машинобудівного інституту; протокол Вченої Ради MMI № 2; дата отримання грифу 25.09.2017.
3. Лазерні технології та комп'ютерне моделювання / Л.Ф. Головка, С.О. Лук'яненко // Монографія, К.: Вістка, 2009. - 296 с.
4. Комп'ютерне моделювання у лазерних технологіях / Л.Ф. Головка, С.О.Лук'яненко, І.Ю. Михайлова, В.А. Третяк // Монографія, К.: ВПП «Текст». 2015. - 236 с.

#### **Додаткова**

5. Виготовлення біметалів з використанням ливарного процесу і лазерної обробки / Л.Ф. Головка, С.С. Салій, В.В. Романенко, М.С. Блощицин, О.Д. Кагльак, О.А. Савченко, - Київ: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2022.- 208с.
6. Головка Л.Ф., Блощицин М.С. електронна версія конспекту лекцій до дисципліни «Технологія лазерної поверхневої обробки»; гриф механіко-машинобудівного інституту; протокол Вченої Ради MMI № 2; дата отримання грифу 25.09.2017.
7. Головка Л.Ф., Блощицин М.С. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт по курсу «Технологія лазерної поверхневої обробки»; гриф механіко-машинобудівного інституту; протокол Вченої Ради MMI № 11; дата отримання грифу 26.06.2017.
8. Головка Л.Ф., Блощицин М.С. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт по курсу «Процеси лазерної поверхневої обробки»; гриф механіко-машинобудівного інституту; протокол Вченої Ради MMI № 11; дата отримання грифу 26.06.2017.

#### **Контрольні завдання**

Контрольні завдання – (розділ 8 –поточний контроль)

#### **Навчальний контент**

### **3. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

В межах вивчення кредитного модуля впродовж семестру заплановано проведення лекційних, практичних та лабораторних занять, а також навчальним планом передбачено виконання курсової роботи як окремого кредитного модуля.

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

- 1) особистісно-орієнтовані технології, засновані на активних формах і методах навчання: колективні дискусії, інтерактивне спілкування тощо.
- 2) інформаційно-комунікаційні технології, що забезпечують проблемно-дослідницький характер процесу навчання та активізацію самостійної роботи студентів, доповнення традиційних навчальних занять засобами взаємодії на основі мережевих комунікаційних можливостей (онлайн-лекції, онлайн-практики під час змішаного або дистанційного навчання).

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

Таблиця 1. Структура викладання освітнього компоненту

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичн і	Лабор. роб.	СРС
1	2	3	4	5	6
Тема 1. Лазерне поверхнєве зміцнення та формоутворення виробів.	28	8	4	2	14
Тема 2. Лазерне термоциклування плазмових покриттів.	10	4	2	2	2
Тема 3. Процеси лазерного спікання композитів та лазерно - дугового наплавлення.	24	6	2	2	14
Тема 4. Інтенсифікація хіміко-термічної обробки застосуванням лазерної обробки.	12	4	2	4	2
Тема 5. Лазерно - ливарний спосіб виготовлення біметалів.	18	4	4	4	6
Тема 6. Застосування лазерної обробки для підвищення якості бурових долот.	10	4	2	2	2
Тема 7. Застосування лазерного випромінювання для керованого нагрівання органічних середовищ	18	6	2	2	8
Разом	120	36	18	18	48
<i>Екзамен</i>	30				30
<b>Всього годин</b>	<b>150</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>78</b>

### 5.1 Лекційні заняття

Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
<b>Тема 1. Лазерне поверхнєве зміцнення та формоутворення виробів.</b>
<p><b>Лекція 1. Лазерне термомеханічне зміцнення матеріалів.</b>  Класифікація методів лазерної поверхневої обробки їх характеристики. Деталі машин, зносостійкість та ресурс роботи яких доцільно збільшувати застосуванням лазерного термомеханічного зміцнення. Лазерне термомеханічне (лазерний нагрів + пластичне деформування) зміцнення матеріалів, особливості процесу, область застосування. Алгоритм дослідження процесу лазерного термомеханічного зміцнення. Основні фактори і параметри процесу лазерного термомеханічного зміцнення. Визначення характеристик теплових процесів при лазерному термомеханічному зміцненні. Визначення величини деформуючого зусилля. Мікроструктурні зміни та зміни мікротвердості в сталі 45 після лазерного термомеханічного зміцнення при різних умовах навантаження. Особливості зношування сталей після термомеханічного зміцнення. Вплив лазерного термомеханічного зміцнення на втомлену міцність сталей при мало цикловому та багато цикловому навантаженні.  <b>Література:</b> [1,2],  <b>Завдання на СРС:</b> дати відповіді на контрольні запитання - [9]. 1-3</p>

Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)

### **Лекція 2. Лазерне формоутворення металевих виробів.**

Аналіз переваг та недоліків лазерного формоутворення металевих виробів порівняно з класичними методами обробка тиском. Аналіз факторів, що впливають на процес лазерного формоутворення металевих виробів. Технологічні схеми процесу лазерного формоутворення тонколистових металевих виробів. Механізм лазерного формоутворення металевих виробів. Схеми лазерного формоутворення металевих виробів однопроменевого, двопроменевого, з примусовою деформацією. Теплова модель процесу лазерного формоутворення виробів. Експериментальне дослідження процесу лазерного формоутворення. Явище пост деформації у вуглецевих сталях.

**Література:** [1,2],

**Завдання на СРС:** дати відповіді на контрольні запитання - [9]. 1-5

### **Лекція 3. Підвищення жорсткості корпусів автомобілів та відрізних кругів застосуванням лазерного нагрівання.**

Жорсткість металевих конструкцій, типу корпусів приладів, обладнання і зокрема, дисків відрізних кругів, і способи її збільшення застосуванням локального лазерного нагріву. Можливості підвищення жорсткості корпусів автомобілів та відрізних кругів управлінням величиною і знаком залишкових напружень шляхом лазерного нагрівання. Моделювання величини та характеру розподілу пружних напружень в металевих корпусах алмазних абразивних кругів в процесі різання. Моделювання величини та характеру розподілу залишкових напружень в металевих корпусах алмазних абразивних кругів при лазерному опроміненні. Можливості підвищення жорсткості корпусів відрізних кругів управлінням величиною і знаком залишкових напружень при двосторонньому і односторонньому лазерному нагріванні.

**Література:** [1,2],

**Завдання на СРС:** дати відповіді на контрольні запитання - [9]. 1-5

### **Лекція 4. Удосконалення технології виготовлення дроту для напівавтоматичного зварювання.**

Аналіз основних проблем, пов'язаних з технологією виготовлення дроту для напівавтоматичного зварювання. Способи дослідження стану поверхневого шару дроту. Причини впровадження в поверхневий шар мідного дроту неметалевих включень. Вплив неметалевих включень на якість мідного покриття, способи його зменшення або навіть виключення. Що собою представляють неметалеві включення, їх хімічний склад. Способи виявлення неметалевих включень, способи запобігання їх утворенню. Характер взаємодії лазерного випромінювання з металами та неметалевими включеннями. Вибіркове поглинання включеннями лазерного випромінювання.

**Література:** [1,2],

**Завдання на СРС:** дати відповіді на контрольні запитання - [9]. 1-5

### **Тема 2. Лазерне термоциклування плазмових покриттів.**

#### **Лекція 5. Застосування лазерного термоциклування для підвищення якості і міцності зчеплення плазмових покриттів.**

Процес лазерного термоциклування. Призначення та сутність процесу. Можливість підвищення якісних характеристик плазмових функціональних покриттів. Процес лазерного термоциклування плазмових покриттів, як технологічна система. Математична модель та

Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)

результати моделювання процесу лазерного нагрівання плазмових покриттів. Спосіб та пристрій для контролю поглинальної здатності поверхонь плазмових покриттів при їх лазерній обробці. Способи визначення розподілу легуючих елементів і домішок в поверхневому шарі. Температури нагрівання поверхні плазмового покриття, час нагрівання. Вплив на ці фактори товщини плазмового покриття, його структури, пористості, складових елементів покриття.

**Література [1,2]**

**Завдання на СРС:** дати відповіді на контрольні запитання - [9].2-9

#### **Лекція 6. Властивості опромінених плазмових покриттів.**

Основні закономірності розподілу хімічних елементів в плазмових покриттях до і після лазерного опромінення. Вплив лазерного термоциклування на перерозподіл легуючих елементів на межі «плазмове покриття – основа» при обробці на режимах, які обумовлюють і не обумовлюють оплавлення покриттів. Способи виміру міцності зчеплення плазмових покриттів з основою. Особливості зношування плазмових покриттів без і з лазерним термоциклуванням (величини зношування та коефіцієнтів тертя).

**Література [1,2,3]**

**Завдання на СРС:** дати відповіді на контрольні запитання – [9].10-20

### **Тема 3. Процеси лазерного спікання композитів та лазерно - дугового наплавлення.**

#### **Лекція 7. Лазерне термодформаційне спікання алмазного інструменту.**

Надати характеристику процесу лазерного термодформаційного спікання алмазвміщуючих композитів. Вплив прямого та побічного лазерного опромінення на міцність алмазів. Способи покращення змочуваності алмазів зв'язкою. Особливості поведінки алмазів у зв'язуючому при лазерному опроміненні, способи запобігання негативного впливу рідинно-фазного спікання. Радіальний і осевий спосіб рідинно-фазного спікання композиту з алмазами. Технологічна система виготовлення алмазвміщуючого композиту методом лазерного спікання. Математична модель процесу. Визначення характеристик динамічної дії при лазерному термодформаційному спіканні. Розподіл температур по характерним шарам композиту при спіканні. Вплив лазерного випромінювання на структуру, твердість та зносостійкість зв'язки композиту алмазних інструментів.

**Література [1,2,3]**

**Завдання на СРС:** дати відповіді на контрольні запитання-[9].53-58

#### **Лекція 8. Лазерне термодформаційне спікання інструментів на основі кубічного нітриду бора.**

Пряме та побічне опромінення зерен КНБ лазерним випромінюванням. Методика досліджень. Класифікація абразивного інструменту з КНБ, їх конструктивні та функціональні характеристики. Вплив лазерного випромінювання з різною довжиною хвилі на міцність зерен КНБ. Способи захисту абразивів від негативного термічного впливу лазерного випромінювання. Схеми пристроїв радіального та осьового термодформаційного спікання абразивовміщуючих композитів. Методика досліджень зносостійкості композитів на основі надтвердих матеріалів, отриманих лазерним спіканням. Фактори та параметри процесу лазерного формування інструментального шару на поверхні інструменту. Способи виготовлення абразивного інструменту на металевих зв'язках. Основні переваги й недоліки.

**Література [1.2.7]**

**Завдання на СРС:** дати відповіді на контрольні запитання -[9]. 21-27

#### **Лекція 9. Процеси лазерно-дугової і лазерно-плазмової обробки матеріалів.**

Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)

Процеси лазерно-дугової, лазерно-плазмової обробки матеріалів, можливі способи, схеми, характеристики, області ефективного застосування. Існуючі способи лазерно-дугової обробки та їх основні особливості, що зумовлюють підвищення ефективності процесів обробки. Енергетичний аналіз процесу лазерно-плазмового газопорошкового наплавлення. Баланс енергій. Схеми реалізації гібридних та комбінованих процесів лазерно-плазмового наплавлення. Переваги та недоліки схеми лазер+плазмовий струмінь. Альтернативні методи реалізації комбінованих процесів лазер+СВЧ, лазер+струм). Теплова модель процесу нагрівання порошку. Загальний алгоритм лазерно-плазмового наплавлення матеріалу. Основні фактори та параметри процесу. Структура взаємодії лазерного й плазмового (дугового) джерел нагріву. Визначення розрахункової довжини плазмового струменя для нагріву на задану температуру.

#### **Тема 4. Інтенсифікація хіміко-термічної обробки застосуванням лазерної обробки.**

##### **Лекція 10. Інтенсифікація процесів хіміко-термічної обробки застосуванням лазерної обробки.**

Особливості формування лазерним опроміненням дислокацій в сплавах, їх густини, характеру розташування, є одним із шляхів управління концентрацією і переміщенням легуючих елементів, інструментом управління процесами хіміко-термічної обробки. Вплив лазерного зміцнення на мікроструктуру, величину зерна, характер його розташування, величину, знак і характер розподілу залишкових напруження в поверхневому шарі сталей з різним хімічним складом є ефективними інструментами управління дифузійними процесами. Сутність процесу лазерної хіміко-термічної обробки. Роль лазерного опромінення у зміні швидкості дифузійних процесів.

**Література [1,2,3]**

**Завдання на СРС:** дати відповіді на контрольні запитання -[9]. 67-71

##### **Лекція 11. Роль лазерного опромінення в інтенсифікації процесу азотування.**

Основними проблемами азотування є велика тривалість процесу, обмежена глибина азотування. Вплив хімічного складу сталей і сплавів на процес азотування. Які фактори заважають отримати глибину азотування більше 0,1 - 0,2 мм. Як впливає характер структури, величина зерна на дифузійні процеси. Які існують способи інтенсифікації процесу азотування. Особливості дислокаційної структури поверхневого шару сталевих зразків і їх вплив на процес азотування. Інтенсифікація процесу азотування використанням іонно-плазмових процесів і лазерного опромінення.

**Література [1,2]**

**Завдання на СРС:** дати відповіді на контрольні запитання -[9]. 72-74

#### **Тема 5. Лазерно - ливарні способи виготовлення біметалів.**

##### **Лекція 12. Лазерно-ливарний процес виготовлення біметалів.**

Сутність лазерно-ливарного процесу виготовлення біметалів, його переваги і недоліки, способи організації. Визначення параметрів лазерного опромінення, що використовується для розплавлення поверхневого шару функціональної складової біметалу та витратних характеристик фурми для подачі розплаву конструктивної складової. Особливості лазерно - ливарного способу виготовлення біметалів. Визначення геометричних параметрів зони розплаву при лазерній обробці поверхні. Можливості її збільшення без суттєвого збільшення собівартості процесу. Основні характеристики процесу.

**Література [1,2]**

**Завдання на СРС:** дати відповіді на контрольні запитання -[9]. 74-77



Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)

**Лекція 13. Лазерно-механо-ливарний процеси виготовлення біметалів.**

Особливості лазерного та механо-ливарного процесів виготовлення біметалів та способи його організації. Лазерно-ливарний спосіб, його недоліки і переваги, можливість реалізації, наявність технологічного оснащення і відповідного лазерного обладнання. Створення на поверхні функціональної складової біметалу виступів певної форми, площі у поперечному перерізі та висоти. Нагрівання поверхонь виступів розплавом конструкційної складової. Роль виступів, їх висоти, на можливість накопичення теплової енергії. Особливості утворення розчину функціональної і конструкційної складових біметалу, що забезпечує утворення між ними металургійного зв'язку. Визначення моделюванням і комплексом експериментальних досліджень області зміни параметрів макрорельєфу, при якому в процесі заливання другого компоненту біметалу можна отримувати стабільне з'єднання двох складових. Методика розрахунку конструкції і параметрів ливарної системи. Методика визначення та можливості управління механізмом з'єднання складових біметалу, міцності з'єднання, продуктивності і собівартістю процесу.

**Література [1,2]**

**Завдання на СРС:** дати відповіді на контрольні запитання -[9]. 78-79

**Тема 6. Застосування лазерної обробки для підвищення якості бурових доліт.**

**Лекція 14. Можливості застосування лазерного зміцнення для підвищення ресурсу роботи бурових інструментів, деталей вакуумної техніки, авіаційних двигунів.**

Розробка способу організації твердого змащування поверхонь контакту поверхонь цапф і шарожок бурових доліт. Створення спеціальних вузлів тертя, які здатні працювати при надзвичайно високих питомих тисках, забезпечуючи тверде змащування, дозволяє збільшити ресурс роботи таких інструментів в кілька раз. Моделювання напружено-деформованого стану поверхонь важко-навантажених вузлів тертя забезпечує визначення оптимальну глибину і форму поглиблень бурового долота.

**Література [1,2]**

**Завдання на СРС:** дати відповіді на контрольні запитання -[9]. 78-79

**Лекція 15. Геометричні параметри заглиблень і топографія їх розміщення.**

Вибір та вивчення антифрикційних властивостей матеріалів, що застосовуються при виготовленні важко навантажених пар тертя, які працюють в умовах вакууму, або при надзвичайно високих швидкостях обертання (десятки і сотні тисяч об/хв. Процеси нанесення антифрикційних покриттів на поверхні тертя деталей турбін, з надзвичайно великими швидкостями обертання є актуальним питанням авіа-космічної техніки, визначення топографії розміщення таких зон з заглибленнями (заповненими антифрикційним сплавом) їх глибини і конфігурації.

**Література [1,2]**

**Завдання на СРС:** дати відповіді на контрольні запитання -[9]. 78-79

**Тема 7. Застосування лазерного випромінювання для керованого нагрівання органічних середовищ**

**Лекція 16. Визначення характеристик теплового джерела при лазерному опроміненні трубчастих тканин (судин).**

Можливості застосування лазерного випромінювання для керованого нагрівання органічних середовищ. Основні фактори і параметри процесу взаємодії лазерного випромінювання з біологічними середовищами, причинно-наслідкові зв'язки. Моделювання процесу лазерного нагрівання трубчастих органічних середовищ лазерним випромінюванням. Визначення

Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
<p>оптимальної форми, розмірів і розподілу інтенсивності випромінювання на внутрішній поверхні судини, розташованої в внутрішніх областях організму людини, для прогрівання зовнішнього обсягу.</p> <p><b>Література [1,2,4]</b>  <b>Завдання на СРС:</b> дати відповіді на контрольні запитання -[9]. 93-95</p> <p><b>Лекція 17. Закономірності розподілу температур в циліндричній області судин при лазерному опроміненні</b>  Встановлення закономірностей зміни просторово-часового розподілу теплового джерела в органічному середовищі при дії випромінювання YAG: Nd лазера у залежності від умов взаємодії, умов фокусування та виду середовища. Спосіб управління тепловим станом органічного середовища у залежності від умов опромінення, характеристик середовища і його будови. Спосіб управління розподілом температур по глибині в об'ємах органічних середовищ різної конфігурації (циліндричної, сферичної та ін.).</p> <p><b>Література [1,2]</b>  <b>Завдання на СРС:</b> дати відповіді на контрольні запитання -[9]. 96-9</p> <p><b>Лекція 18. Системи фокусування лазерного випромінювання при гіпертермії предстательної залози.</b>  Пристрої для фокусування лазерного випромінювання, що забезпечують в органічних середовищах заданий просторовий розподіл теплового джерела і температур. Система фокусування на базі волоконного світловода, параболічного дзеркала, яке циклічно обертається і пересувається вздовж судини під тиском спеціального розчину. Конструкція скануючої системи в середині судини на базі дзеркального конуса з еліптичною поверхнею, яка циклічно пересувається вздовж осі судини при прокачуванні спеціального розчину. Лазерну установка для дистанційного керованого нагрівання органічних середовищ і відповідні пристрої для транспортування, фокусування й контролю параметрів випромінювання.</p> <p><b>Література [1,2]</b>  <b>Завдання на СРС:</b> дати відповіді на контрольні запитання -[9]. 96-9</p>

## 5.2 Практичні заняття

Основні завдання циклу практичних занять полягають у набутті вмінь визначати технологічні параметри лазерної обробки, які забезпечують отримання поверхневого шару заданих геометричних розмірів (глибини, ширини) і твердості.

Назва теми заняття		Кількість ауд. годин
Практичне заняття 1	Моделювання процесу лазерного деформування металевих листів. Визначення технологічних характеристик процесу при лазерному нагріванні масивних виробів. Визначити вплив кінцевих ефектів.	2
Практичне заняття 2	Моделювання процесу лазерного нагрівання металевих виробів. Визначення умов корегування режимів опромінення з урахуванням кінцевих ефектів.	2
Практичне заняття 3	Розрахунок режимів лазерного зміцнення інструментів і деталей з різними кутами загострення робочої частини.	2

Практичне заняття 4	Визначення умов лазерного опромінення, на прикладі металевих корпусів відрізних кругів, що забезпечують підвищення їх жорсткості.	2
Практичне заняття 5	Розрахунок режимів локальної лазерної гіпертермії внутрішньої поверхні михурової залози людини.	2
Практичне заняття 6	Визначення моделюванням умов лазерного газопорошкового наплавлення зносостійкого шару функціонального сплаву.	2
Практичне заняття 7	Розрахунок режимів лазерного оплавлення поверхні функціональної складової біметалу при його виготовленні.	2
Практичне заняття 8-9	Розрахунок характеристик лазерного нагрівання багатокомпонентної системи при лазерному спіканні композиційних матеріалів. Залік	4

### 5.3. Лабораторні заняття

Основні завдання циклу лабораторних занять полягають у набутті вмінь налаштувати технологічне обладнання на виконання завдання, уміти раціонально обирати установочну і вимірювальну бази, матеріал і форму інструмента, режими обробки, проводити оцінювання та вимір її результатів.

Назва теми заняття	Кількість ауд. годин
<b>Лабораторна робота 1.</b> Вимірювання витратних характеристик дозуючого пристрою при лазерному газопорошковому наплавленні. <b>Література [6],</b> <b>завдання на СРС:</b> дати відповіді на контрольні запитання - <b>8. пит.16-27</b>	2
<b>Лабораторна робота 2.</b> Просторова структура та модовий склад пучків твердотільних неодимових лазерів, працюючих у режимі вільної генерації <b>Література [6,7],</b> <b>завдання на СРС:</b> дати відповіді на контрольні запитання - <b>8. пит.41-50</b>	2
<b>Лабораторна робота 3.</b> Визначення каустики променя потужного лазера, сфокусованого сферичним дзеркалом <b>Література [6,8],</b> <b>завдання на СРС:</b> дати відповіді на контрольні запитання - <b>8. пит.48-49</b>	2
<b>Лабораторна робота 4.</b> Визначення температур у зоні лазерного нагрівання при різних умовах термічного зміцнювання <b>Література [6,7],</b> <b>завдання на СРС:</b> дати відповіді на контрольні запитання - <b>8. пит.70-71</b>	2
<b>Лабораторна робота 5.</b> Визначення температур у зоні лазерного нагрівання при різних умовах опромінення біотканин. <b>Література [6,8],</b> <b>завдання на СРС:</b> дати відповіді на контрольні запитання - <b>8. пит.81-89</b>	2
<b>Лабораторна робота 6.</b> Дослідження механо-ливарного процесу виготовлення біметалу. <b>Література [6, 7],</b> <b>завдання на СРС:</b> дати відповіді на контрольні запитання - <b>8. пит.71-72</b>	2
<b>Лабораторна робота 7.</b> Визначення впливу лазерного опромінення на величину деформації матеріалу у залежності від кількості термічних впливів <b>Література [6,7,8],</b> <b>завдання на СРС:</b> дати відповіді на контрольні запитання - <b>8. пит.94</b>	2

Лабораторна робота 8. Визначення технологічних характеристик комбінованого процесу лазерно-плазмового наплавлення матеріалів. завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання - 8. пит. 97	2
Захист звіту з лабораторних робіт	2

## 6. Самостійна робота студента

Самостійна робота (78 год) студента полягає у підготовці до лекційних (9 год.), практичних (18 год.) і лабораторних занять (9 год.) шляхом опрацювання рекомендованої літератури і підготовці відповідей на контрольні запитання для лекцій і лабораторних занять, а також у підготовці до екзамену (30 год.).

В основу викладання дисципліни покладено системний підхід до вирішення типових задач діяльності для виконання виробничих функцій. Навчання комплексному використанню знань на основі системного підходу дозволить студентам опанувати методами визначення технологічних характеристик окремих процесів оброблення матеріалів із застосуванням електричного розряду, висококонцентрованих потоків енергії, анодного розчинення, коливань ультразвукової частоти або їх комбінованої дії, так і всієї системи в цілому, відчутти трудомісткість і складність розробки технологічних операцій електрофізичних і електрохімічних методів обробки, багатоваріантність рішень, необхідність вибору напрямку пошуку оптимального варіанта технологічного процесу, вивчити будову основних систем обладнання.

В основу розгляду кожної теми покладено намагання побудувати своєрідну модель технологічного процесу з її особливим образом і усвідомленням місця процесу в системі спеціальних методів обробки. Цілісність процесу пізнання постає через домінуючу ідею і рівноцінність підходів до кожного з методів обробки. Це дозволяє побачити домінуючу ідею з різних позицій. В умовах науково-технологічної революції, яка панує у світі, життєвий цикл сучасних технологій стає значно меншим, ніж термін професійної діяльності фахівця. І тому значну частину навчального часу присвячено не фактологічній інформації, а концептуальній або смисловій, бо треба засвоювати не стільки знання, уміння та навички, скільки опанувати способи мислення, розвивати інтелектуальні здатності. Така робота переводить будь яке знання з пасивного стану в активний. Цього потребує сучасна ситуація на ринку праці, що інтенсивно змінюється.

Підготовка фахівців повинна бути орієнтована на мобільність і змінність соціальної та виробничої діяльності. Все це вимагає від фахівця не стільки володіти певною інформацією, скільки впевнено використовувати її в нестандартних ситуаціях.

Засобом контролю ступені досягнення кінцевої мети освітньо-професійної підготовки студентів є екзамен. Він використовується для встановлення рівня сформованості певних умінь для вирішення окремих задач діяльності. Він включає такі етапи: розробка пакету контрольних питань, створення на їх основі пакету контрольних завдань та білетів, самостійна робота студентів для підготовки відповідей на контрольні питання, виконання студентами контрольних завдань

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### Правила відвідування занять

Відвідування лекцій, практичних занять, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання семестрового індивідуального завдання.

Для студентів, які беруть на себе відповідальність за організацію і планування свого часу для навчання, є можливість опанувати дисципліну у змішаному режимі: ознайомлення з теоретичним матеріалом лекцій і розв'язування практичних завдань – самостійно, за необхідності проведення консультацій викладачем згідно графіку

консультацій і відведеного на них часу, у відповідності до педагогічного навантаження викладача. Лабораторні роботи виконуються у груповому режимі під керівництвом відповідального викладача.

#### **Правила поведінки на заняттях.**

Правила поведінки на заняттях регламентуються етичними нормами: всі учасники освітнього процесу в університеті повинні дотримуватись вимог чинного законодавства України, Статуту і Правил внутрішнього розпорядку НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», загальноприйнятих моральних принципів, підтримувати атмосферу доброзичливості, відповідальності, порядності й толерантності, дбайливо ставитися до університетського майна.

Під час аудиторних занять студенти повинні дотримуватись діючих правил охорони праці, безпеки життєдіяльності і правил пожежної безпеки, а в разі навчання за дистанційною формою виконувати вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я під час роботи з екранними пристроями.

#### **Правила призначення заохочувальних та штрафних балів**

Студенти зобов'язані дотримуватися термінів виконання усіх видів робіт, передбачених курсом.

Порушення термінів виконання певного виду робіт враховується згідно рейтингової системи оцінювання. **Під час дії воєнного стану штрафні бали не нараховуються.**

#### **Пропущені контрольні заходи:**

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

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

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

#### **Поточний контроль.**

За кожною лекцією студент виконує письмову самостійну роботу - надає відповіді на контрольні питання. На практичних заняттях студент розв'язує індивідуальний числовий приклад. Перед виконанням лабораторної роботи студенти проходять експрес-опитування для встановлення рівня теоретичної підготовки до виконання роботи, наявності бланків протоколів.

#### **Контрольні питання.**

1. Класифікація процесів лазерної поверхневої обробки. коротка характеристика груп методів, окремих представників.
2. Лазерно-ливарний спосіб виготовлення біметалів. Схеми реалізації. Основні закономірності.
3. Комбінований механо-лазерно-ливарний процес виготовлення біметалів. Моделювання. Схеми реалізації. Основні закономірності.
4. Процес лазерного термоциклування. Призначення та сутність процесу.
5. Можливості підвищення якісних характеристик плазмових функціональних покриттів.
6. Процес лазерного термоциклування плазмових покриттів, як технологічна система.
7. Математична модель та результати моделювання процесу лазерного нагріву плазмових покриттів.
8. Спосіб та пристрій для контролю поглинальної здатності поверхонь плазмових покриттів при їх лазерній обробці.
9. Основні закономірності розподілу хімічних елементів в плазмових покриттях до і після лазерного опромінювання.

10. Вплив лазерного термоцикування на перерозподіл легуючих елементів на межі «плазмове покриття – основа» при обробці з оплавленням покриттів.
11. Особливості зношування плазмових покриттів без і з лазерним термоцикуванням (величина зношування та коефіцієнт тертя).
12. Деталі машин, зносостійкість та ресурс роботи яких доцільно збільшувати застосуванням різних способів зміцнення, в тому числі і застосуванням лазерного термомеханічного зміцнення.
13. Лазерне термодформаційне (лазерний нагрів + пластичне деформування) зміцнення матеріалів, особливості процесу, область застосування.
14. Алгоритм дослідження процесу лазерного термомеханічного зміцнення.
15. Основні фактори і параметри процесу лазерного термо-деформаційного зміцнення.
16. Визначення характеристик теплових процесів при лазерному термомеханічному зміцненні.
17. Класифікація процесів лазерної поверхневої обробки. коротка характеристика груп методів, окремих представників.
18. Лазерно-ливарний спосіб виготовлення біметалів. Схеми реалізації. Основні закономірності.
19. Комбінований механо-лазерно-ливарний процес виготовлення біметалів. Моделювання. Схеми реалізації. Основні закономірності.
20. Процес лазерного термоцикування. Призначення та сутність процесу.
21. Можливості підвищення якісних характеристик плазмових функціональних покриттів.
22. Процес лазерного термоцикування плазмових покриттів, як технологічна система.
23. Математична модель та результати моделювання процесу лазерного нагріву плазмових покриттів.
24. Спосіб та пристрій для контролю поглинальної здатності поверхонь плазмових покриттів при їх лазерній обробці.
25. Основні закономірності розподілу хімічних елементів в плазмових покриттях до і після лазерного опромінювання.
26. Вплив лазерного термоцикування на перерозподіл легуючих елементів на межі «плазмове покриття – основа» при обробці на режимах, які обумовлюють оплавлення покриттів.
27. Особливості зношування плазмових покриттів без і з лазерним термоцикуванням (величина зношування та коефіцієнт тертя).
28. Деталі машин, зносостійкість та ресурс роботи яких доцільно збільшувати застосуванням різних способів зміцнення, в тому числі і застосуванням лазерного термомеханічного зміцнення.
29. Лазерне термодформаційне (лазерний нагрів + пластичне деформування) зміцнення матеріалів, особливості процесу, область застосування.
30. Алгоритм дослідження процесу лазерного термомеханічного зміцнення.
31. Основні фактори і параметри процесу лазерного термо-деформаційного зміцнення.
32. Визначення характеристик теплових процесів при лазерному термомеханічному зміцненні.
33. Моделювання процесу лазерного нагрівання органічних середовищ.
34. Методики визначення характеристик поглинання та нагрівання опромінюваних біологічних об'єктів.
35. Закономірності зміни просторово-часового розподілу теплового джерела в органічному середовищі при дії випромінювання YAG: Nd лазера в залежності від умов взаємодії та виду середовища.
36. Тепловий стан органічних середовищ у залежності від умов опромінення, характеристик середовища і його будови.
37. Спосіб управління розподілом температур по глибині в об'ємах органічних середовищ різної конфігурації (циліндр, сфера та ін.).
38. Пристрої для фокусування лазерного випромінювання, що забезпечують в органічних середовищах заданий просторовий розподіл теплового джерела і температур.
39. Лазерну установку для дистанційного керуваного нагрівом органічних середовищ і відповідні пристрої для транспортування, фокусування й контролю параметрів випромінювання.
40. Надати характеристику процесу лазерного термодформаційного спікання алмазвміщуючих композитів.
41. Вплив прямого та побічного лазерного опромінення на міцність алмазів

42. Способи покращення змочуваності алмазів зв'язкою
43. Особливості поведінки алмазів у зв'язуючому при лазерному опроміненні, способи запобігання негативного впливу рідинно-фазного спікання.
44. Радіальний і осевий спосіб рідинно-фазного спікання композиту з алмазами.
45. Технологічна система виготовлення алмазвміщуючого композиту методом лазерного спікання.
46. Математична модель процесу лазерного термодформаційного спікання композитів
47. Визначення характеристик динамічної дії при лазерному термодформаційному спіканні.
48. Розподіл температур по характерним шарам алмазвміщуючого композиту при спіканні.
49. Вплив лазерного випромінювання на структуру, твердість та зносостійкість зв'язки композиту алмазних інструментів.
50. Інтенсифікація процесів хіміко-термічної обробки застосуванням лазерної обробки.
51. Сутність процесу лазерної хіміко-термічної обробки.
52. Особливості дислокаційної структури поверхневого шару сталевोї заготовки після лазерної обробки і її вплив на процес насичення азотом при хіміко-термічній обробці.
53. Переваги комбінації процесів лазерної обробки і хіміко-термічного азотування.
54. Можливості застосування лазерного зміцнення для підвищення ресурсу роботи бурових долот.
55. Розробка способу організації твердого змащування поверхонь контакту цапф і шарожок бурових долот.
56. Моделювання напружено-деформованого стану поверхонь важко-навантажених вузлів тертя бурового долота.
57. Вибір та вивчення антифрикційних властивостей матеріалів, що застосовуються при виготовленні важконавантажених пар тертя.
58. Процеси нанесення антифрикційних покриттів на поверхні тертя деталей турбін, з надзвичайно великими швидкостями обертання.
59. Можливості застосування лазерного наплавлення для підвищення ресурсу роботи важконавантажених пар тертя.
60. Аналіз основних проблем, пов'язаних з технологією виготовлення дроту для напівавтоматичного зварювання.
61. Можливості застосування лазерного випромінювання для підвищення якості дроту для напівавтоматичного зварювання

#### **Календарний контроль.**

Проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

#### **Семестровий контроль.**

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

#### **Рейтингова система оцінювання та критерії нарахування вагових балів (основа):**

##### **1. Лекції**

##### **2. Практичні заняття.**

Ваговий бал – 4.

Максимальна кількість балів, які можна отримати за відпрацювання всіх практичних занять (9 занять):  $4 \times 9 = 36$  балів.

Індивідуальне числове завдання розв'язують на відповідній парі за розкладом занять або згідно індивідуального графіку, погодженого з викладачем.

За кожне практичне заняття студент може отримати від 1 до 4 балів:

- 1 бал – індивідуальне числове завдання розв'язане вірно менше ніж на 40 %.
- 2 бали – індивідуальне числове завдання розв'язане вірно на 40...70 %.
- 3 бали – індивідуальне числове завдання розв'язане вірно на 71... 94 %.
- 4 бали – індивідуальне числове завдання розв'язане вірно на 95... 100 %.

##### **3. Лабораторні роботи.**

Ваговий бал – 2.

Максимальна кількість балів, які можна отримати за відпрацювання і захист всіх лабораторних робіт (9 занять):  $2 \times 9 = 18$  балів.

Вхідний контроль оцінюється в 1 бал, який нараховується за правильну відповідь студента на питання.

Виконання лабораторної роботи оцінюється в 1 бали, який нараховується за роботу студента з вимірювальними приладами.

Захист лабораторної роботи оцінюється в 1 бал, які нараховуються за правильну відповідь на два питання вартістю в 0,5 бала кожне, поставлені під час захисту роботи студентом.

#### 4. Виконання модульна контрольна робота МКР (до 5 балів):

- повна, змістовна та аргументована відповідь – **5 балів** (одна МКР) тобто  $2 \times 5$  (для двох атестацій);
- відповідь з несуттєвими помилками – **3 балів** (одна МКР) або  $2 \times 4$  (дві атестації);
- неправильна відповідь – **0 балів**

Підрахунок максимальної кількості балів за контрольні заходи, які формують стартовий рейтинг, наведений у таблиці:

Складові стартового рейтингу $R_c$	Кількість занять у семестрі	Вагові бали за контрольні заходи	Сума вагових балів за контрольні заходи
Модульна контрольна робота		5	10
Розв'язування завдань на практичних заняттях	9	4	36
Відпрацювання навичок на лабораторних заняттях	9	2	18
		<b>РАЗОМ:</b>	<b>64</b>

#### Штрафні та заохочувальні бали:

1. Штрафні бали нараховуються за порушення термінів виконання певного виду робіт:  
**Штрафні бали не нараховуються на період дії воєнного стану.**

2. Заохочувальні бали нараховуються за розв'язок студентом спеціального індивідуального творчого завдання з дисципліни або участь у конференціях з публікацією матеріалів доповідей за тематикою кредитного модуля «+1...6 балів».

**Розмір шкали рейтингу кредитного модуля:  $RD = R_c + R_E = 64 + 36 = 100$  балів, де стартова шкала  $R_c = 64$  балів, екзаменаційна шкала  $R_E = 36$  балів.**

#### Умови позитивної проміжної атестації – календарного контролю.

Для отримання «зараховано» з першої проміжної атестації (8 тиждень) студент повинен

- виконати практичні розрахунки (за відповідний період,  $\geq 6$  балів)
- відпрацювати та захистити лабораторні роботи (за відповідний період,  $\geq 2$  балів)
- виконати першу модульну-контрольну роботу ( $\geq 2$  балів)

Для отримання «зараховано» з другої проміжної атестації (12 тиждень) студент повинен

- виконати практичні розрахунки (за відповідний період,  $\geq 6$  балів)
- відпрацювати та захистити лабораторні роботи (за відповідний період,  $\geq 2$  балів)
- виконати першу модульну-контрольну роботу ( $\geq 2$  балів)

**Добавлено примечание ([T1]):** цифри в цьому пункті обчислює на основі своїх балів за контрольні заходи... тобто скільки за тиждень ідеальний студент може набрати х кількість тижнів

для Неідеального – бали навпіл



### Умови допуску до екзамену.

1. Виконати дві МКР
2. Розрахувати й захистити усі практичні завдання.
3. Відпрацьовані та захищені усі лабораторні роботи
4. Стартовий рейтинг  $R_c \geq 60$

Відпрацювання кожного пропущеного заняття (практика, лабораторна робота) може бути замінено складанням на тесту для отримання оцінки «зараховано» за відповідне заняття.

### Критерії екзаменаційного оцінювання.

Екзаменаційний білет складається з 3 питань.  
Правильна відповідь на кожне питання оцінюється в 12 балів.

### Бали $R_E$ за відповідь на екзамені розраховується у такий спосіб:

$$R_E = R_1 + R_2 + R_3 = 12 + 12 + 12 = 36,$$

де  $R_1$  - бали за відповідь на перше питання,  $R_2$  - бали за відповідь на друге питання,  $R_3$  - третє питання.

### Максимальна кількість балів, які можна отримати за складання екзамену - 36 б.

Шкала оцінювання теоретичних питань
$R_1(R_2, R_3) = 0$ - відповідь відсутня
$R_1(R_2, R_3) = 2 - 3$ - відсутні логічні кроки, є фрагменти необхідних формул, формулювання
$R_1(R_2, R_3) = 4-5$ - наведено декілька логічних кроків, деякі формули, формулювання
$R_1(R_2, R_3) = 6 - 8$ - неповна відповідь
$R_1(R_2, R_3) = 9 - 11$ - відповідь вірна і повна, але містить 1-2 неточності
$R_1(R_2, R_3) = 12$ - відповідь вірна і повна

Сума стартових балів та балів за екзаменаційну роботу переводиться у рейтингову оцінку згідно з таблицею 2.

**Екзамен в умовах дистанційного навчання проводиться через складання тесту on-line використовуючи ZOOM або GoogleClassroom.**

Сума стартових балів та балів за екзаменаційний тест переводиться у рейтингову оцінку згідно з таблицею 2:

**Таблиця 2. Переведення суми стартових і екзаменаційних балів у рейтингову оцінку з кредитного модуля RD:**

$RD = R_c + R_E$	Традиційна оцінка
95...100	відмінно
85...94	дуже добре
75...84	добре
65...74	задовільно
60...64	достатньо
< 60	незадовільно
$R_c < 30$ або не виконані інші умови допуску до екзамену	не допущений

### **9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

Питання для самопідготовки до складання екзамену:

Приклад екзаменаційного білету:

#### **Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено** професором, д.т.н. , професором, Головка Леонідом Федоровичем, доцентом, к.т.н. Блощиним Михайлом Сергійовичем

**Ухвалено** кафедрою лазерної техніки та фізико-технічних технологій (протокол № 5 від 17.11.23)

**Погоджено** Методичною комісією інституту НН ІМЗ ім. Є.О. Патона<sup>1</sup> (протокол № 5/23 від 11.12.2023 року)

---

<sup>1</sup> Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.