

=

ТЕХНОЛОГІЯ ЛАЗЕРНОЇ РОЗМІРНОЇ ОБРОБКИ

Реквізити освітнього компоненту

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	131 Прикладна механіка
Освітня програма	Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій
Статус дисципліни	вибіркова
Форма навчання	заочна (змішана)
Рік підготовки	IV курс, 7 семестр
Обсяг дисципліни	4,0 кредитів 120 годин
Семестровий контроль/	залік
Контрольні заходи	модульна контрольна робота, розрахунково- графічна робота (РГР)
Розклад занять	лекції, практичні та лабораторні роботи виконуються за розкладом на сайті < https://kpi.ua/ru/web-rozklad >
Мова викладання	українська
Інформація про керівника курсу	Лектор: д.т.н., професор Котляров Валерій Павлович kotlyarovv@ukr.net , +380 99 385 6117
викладачів	Практичні: Козирєв Олексій Сергійович +380 68 071 0051 Лабораторні: Козирєв Олексій Сергійович +380 68 071 0051
Розміщення курсу:	Електронний кампус та дистанційний курс: https://classroom.google.com/c/NTk2ODI4ODU0NDM4

Київ 2024

Програма освітнього компоненту

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

Освітній компонент **“Технологія лазерної розмірної обробки”** подовжує загальну технологічну підготовку фахівців з урахуванням специфіки побудови технологічних операцій лазерної розмірної обробки, що пов'язано із особливостями інструменту та їх результатів. Особливість технологічних операцій лазерної обробки полягає в тому, що фахівець має справу з не матеріальним, часто-густо не видимим інструментом у вигляді згустку потужної 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 можливість оволодіння алгоритмом створення технологічної операції лазерної розмірної (або прецизійної) обробки, що включає до себе таку послідовність дій для стандартних виробничих ситуацій:

- попередня порівняльна оцінка можливостей інших нетрадиційних методів обробки, а також механічної обробки різанням, що торкається розмірних, якісних, показників продуктивності та собівартості, для обґрунтування вибору методу;
- аналіз придатних технологічних схем обробки (операційних ескізів) з цією ж метою;
- режимне забезпечення обраної схеми обробки з урахуванням вимог технічного завдання (ТЗ) та можливостей технологічного обладнання взагалі або до якого є доступ.

Таким чином, **предметом освітнього компоненту** є технологічне забезпечення обраного процесу формоутворення заданих елементів заготовки.

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

Компетентностей:

ЗК 1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу

ЗК 2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК 3. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

ЗК 4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ФК 1. Здатність аналізу матеріалів, конструкцій та процесів на основі законів, теорій та методів математики, природничих наук і прикладної механіки.

ФК 3. Здатність проводити технологічну і техніко-економічну оцінку ефективності використання нових технологій і технічних засобів.

ФК 7. Здатність застосовувати комп'ютеризовані системи проектування (CAD), виробництва (CAM), інженерних досліджень (CAE) та спеціалізоване прикладне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань з прикладної механіки.

ФК 9. Здатність представлення результатів своєї інженерної діяльності з дотриманням загальноприйнятих норм і стандартів.

ФК 10. Здатність описувати та класифікувати широке коло технічних об'єктів та процесів, що ґрунтується на глибокому знанні та розумінні основних механічних теорій та практик, а також базових знаннях суміжних наук.

ФК 16. Здатність обирати оптимальні та розробляти нові технології та обладнання для лазерних та фізико-технічних процесів з метою підвищення продуктивності та контрольованості цих процесів.

ФК 17. Здатність впроваджувати та освоювати технологічні процеси виробництва нової продукції, перевіряти якість монтажу та налагодження при випробуваннях і здачі в експлуатацію нових зразків виробів, вузлів, деталей і конструкцій.

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

ПРН 7. Застосовувати нормативні та довідкові дані для контролю відповідності технічної документації, виробів і технологій стандартам, технічним умовам та іншим нормативним документам.

ПРН 8. Знати і розуміти основи інформаційних технологій, програмування, практично використовувати прикладне програмне забезпечення для виконання інженерних розрахунків, обробки інформації та результатів експериментальних досліджень.

ПРН 9. Знати та розуміти суміжні галузі (механіку рідин і газів, теплотехніку, електротехніку, електроніку) і вміти виявляти міждисциплінарні зв'язки прикладної механіки на рівні, необхідному для виконання інших вимог освітньої програми.

ПРН 23. Оптимально обирати, застосовувати, компонувати і перевіряти технічний стан та ресурс технологічного обладнання для лазерних та фізико-технічних технологій.

ПРН 24. Розробляти технологічні процеси та операції лазерних та фізико-технічних технологій з використанням їх переваг та особливостей.

ПРН 25. Розробляти технологічні процеси та операції лазерних та фізико-технічних технологій з використанням їх переваг та особливостей.

отформатировано: Шрифт: не полужирный

Добавлено примечание ([Г1]): обов'язковий абзац для всіх силабусів бакалавра нової ОП

отформатировано: Цвет шрифта: Авто

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

Для успішного засвоєння матеріалу освітнього компоненту необхідні знання, які одержуються студентом у попередніх курсах: «Технологічні системи у виробництві»; «Фізика взаємодії концентрованих потоків енергії з речовиною»; «Технології та устаткування зварювання плавленням, лазерних та споріднених процесів. Частина 2».

Знання, які одержано під час вивчення освітнього компоненту, забезпечують опанування наступного компоненту курсів за навчальними планами підготовки бакалаврів: «Виробництво конструкцій», також в переддипломній практиці та дипломному проектуванні. Ці знання будуть в вжитті в разі навчання в магістратурі відповідної спеціальності

3. Зміст освітнього компоненту

Вступ. Мета та задачі освітнього компоненту

Необхідність опанування компетенціями та навичками проектування технологічних операцій.

Місія та місце виконання процедур створення технологічних операцій. Технологія виготовлення виробів, формування окремих їх елементів та створення з них корисних вузлів машин, самостійних приладів та конструкцій – чи можна вважати це наукою? Яку мету переслідують творці технологій, виконуючи своє призначення?

Розділ 1. Характеристики фізико-технічних технологій розмірної обробки

Тема 1.1. Порівняння технологічних та техніко-економічних показників, виявлення переваг та недоліків лазерної розмірної обробки (ЛРО) в царині конкурентних фізико-технічних технологій.

Тема 1.2. Формування обґрунтованого висновку про переваги обраного виду технології.

Розділ 2. Фізичні основи лазерної розмірної обробки. Механізми та етапи руйнування матеріалу заготовки пучком лазерного випромінювання при формуванні оброблювального елемента виробу

Тема 2.1. Черета етапів впливу лазерного променя на заготовку. Їх кількісна та якісна залежність від параметрів опромінення останньої.

Тема 2.2. Види впливу опромінення на матеріал заготовки в залежності від її властивостей та характеристик променя.

Тема 2.3. Шляхи керування результатами лазерного опромінення: від нагрівання поверхні заготовки до реалізації керованого термоядерного синтезу.

Розділ 3. Умови та алгоритм проектування технологічної операції ЛРО

Тема 3.1. Умови та обставини проектування технологічної операції ЛРО, виходячи із робочого креслення виробу або ТЗ на його виготовлення.

Тема 3.2. Алгоритм проектування технологічної операції ЛРО

Розділ 4. Технологічні схеми обробки порожнин (отворів, лунок, щілин, пазів)

Тема 4.1. Схеми опромінення та вид інструменту відповідно до форми та розмірів попереку елемента заготовки, що обробляється. Обробка в «ближній» та «дальній» зонах.

4.1.1. Засоби перетворення пучка лазерного випромінювання у **заготовку** обробляючого інструменту впливом на резонатор випромінювача

4.1.2. Перетворення променя за межами резонатору для формування **інструменту** у вигляді каустики променя відповідних розмірів та форми.

4.1.3. Особливості формування інструменту для формування **прецизійних** елементів некруглої форми мікро та нано розмірів.

4.1.4. Особливості схеми обробки та формування інструменту для виготовлення елементів **великих** розмірів (>1 мм).

Тема 4.2. Методи управління позаддовжньою формою оброблювальних елементів.

4.2.1. Залежність **повздоовжньої** форми мікро порожнин від схеми опромінення, шляхи збільшення її глибини .

4.2.2. Схеми формоутворення **глибоких** отворів з малим попереком за рахунок використання явищ нелінійної оптики при обробці отворів з аспектною глибиною $h/d > 100$

Розділ 5. Методи визначення та налагодження режиму лазерної обробки порожнин

Тема 5.1. Історична довідка про авторів та їх розробок у царині визначення закономірностей та шляхів впливу на кількісні результати ЛРО.

Тема 5.2. Прогнозування результатів обробки за аналітичними моделями. Оцінка достовірності прогнозування.

Тема 5.3. Проектування режимів ЛРО за аналітичними моделями, отриманими приближенням рішенням рівняння теплопровідності твердих тіл.

Тема 5.4. Експериментальні дослідження та моделювання операцій ЛРО.

5.4.1. Проектування режимів ЛРО. **Одно** критеріальні задачі.

5.4.2. Проектування режимів ЛРО. **Багато** критеріальні задачі.

Тема 5.5. Шляхи параметричного керування режимом обробки

Тема 5.6. Нережимні методи підвищення якості ЛРО

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Технологія лазерної обробки [Текст]: підручник./ В.П. Котляров. - Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, - 2010. – 308 с. **Доступ:** НТБ НТУУ «КПІ», сайт кафедри <http://ltft.kpi.ua> **CAMPUS:** <https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=254762>
2. Технологія лазерної розмірної обробки. [Текст] наочний навчальний посібник / В.П. Котляров. -Київ: НТУУ «КПІ», - 2023. – 210 с. **Доступ:** НТБ НТУУ «КПІ» <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/7907>, сайт кафедри <http://ltft.kpi.ua>, **CAMPUS:** <https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=254769>
3. Чадюк В. О. Оптиелектроніка: від макро до нано. Передавання, перетворення та приймання оптичного випромінювання : навч. посіб. У 2-х кн. / В. О. Чадюк. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2018. – Кн. 1. – 376 с. (с. 254 – 291) **CAMPUS:** <https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=259710>
4. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» при їх спеціалізації «Лазерна техніка та комп'ютеризовані процеси фізико-технічної обробки матеріалів». К: НТУУ «КПІ імені І. Сікорського», - 22 с.; гриф ММІ, протокол Н.-М. Ради ММІ №11 від 26.06.2017 р. **Доступ:** сайт кафедри <http://ltft.kpi.ua>, **Campus** <https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=237539>

Додаткова література

1. Котляр В.П., Шкляр С.Г. // Систематизація технологічних засад прецизійної лазерної обробки. / Вісник НТУУ «КПІ» серія «Mechanics and Advanced Technologies» - 2019. - №2 (83) С. 61 – 76. Доступ: НТБ НТУУ «КПІ, CAMPUS: <https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=254722>
2. Котляр В.П., // Інженерія оптимізації температурних джерел в лазерній прецизійній обробці / Київ. НТУУ «КПІ» Mech. Adv. Technol. Vol. 7, No. 2, 2023, pp. 243–256 CAMPUS: <https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=254723>
3. Kotlyarov V.P., Kiyaschenko 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: <http://ltft.kpi.ua>, CAMPUS: <https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=254737>
4. Спосіб параметричного керування енергією лазерного променя. Котляр В.П., Дубнюк В.Л. Патент України №106630 В23К 26/04 по заявці № u 2015 12532 від 18.12.2015, оп. 25.04. 2016, б. №8. CAMPUS: <https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=254738>

Інформаційні ресурси

1. <http://ltft.kpi.ua>, (сайт кафедри ЛТ та ФТТ)
2. login.kpi.ua (сайт CAMPUS)
3. 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.ipi.kpi.ua/>> або в акаунті Kotlyarov.Valery@LLL.kpi.ua

Навчальний контент

5. Методика опанування освітнього компоненту

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

Таблиця 1. Структура викладання освітнього компоненту

Назви розділів та тем	Кількість годин				
	Усьог о	У тому числі			
		Лекції	Практ. заняття	Лаборат роботи	СРС
1	2	3	4	5	6
Вступ					
Необхідність опанування компетенціями та навичками проектування технологічних операцій Місія та місце виконання процедур створення технологічних операцій. Технологія виготовлення виробів, формування окремих їх елементів та створення з них корисних вузлів машин, самостійних приладів та конструкцій – чи можна вважати це наукою? Яку мету переслідують творці технологій, виконуючи своє призначення?	21	0.5	1	-	0.5
Розділ 1. Характеристики фізико-технічних технологій розмірної обробки					
Тема 1.1. Порівняння технологічних та техніко-економічних показників, виявлення переваг та недоліків лазерної розмірної обробки (ЛРО) в царині конкурентних фізико-технічних технологій.	51	0.5		-	20.5
Тема 1.2. Формування обґрунтованого висновку про переваги обраного виду технології			2		
Разом за розділом 1	52	1	2	-	12

отформатировано: Шрифт: не полужирный

отформатировано: Шрифт: не полужирный

отформатировано: Шрифт: не полужирный

отформатировано: Шрифт: не полужирный

отформатировано: Шрифт: не полужирный

отформатировано: Шрифт: не полужирный

отформатировано: Шрифт: не полужирный

отформатировано: Шрифт: не полужирный

отформатировано: Шрифт: не полужирный

отформатировано: Шрифт: не полужирный

отформатировано: Шрифт: не полужирный

отформатировано: Шрифт: не полужирный

отформатировано: Шрифт: не полужирный

отформатировано: Шрифт: не полужирный

отформатировано: Шрифт: не полужирный

отформатировано: Шрифт: не полужирный

отформатировано: Шрифт: не полужирный

отформатировано: Шрифт: не полужирный

отформатировано: Шрифт: не полужирный

отформатировано: Шрифт: не полужирный

отформатировано: Шрифт: не полужирный

отформатировано: Шрифт: не полужирный

отформатировано: Шрифт: не полужирный

отформатировано: Шрифт: не полужирный

отформатировано: Шрифт: не полужирный

Назви розділів та тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		Лекції	Практ. заняття	Лаборат. роботи	СРС
1	2	3	4	5	6
Розділ 2. Фізичні основи лазерної розмірної обробки. Механізми та етапи руйнування матеріалу заготовки пучком лазерного випромінювання при формуванні оброблювального елемента виробу.					
Тема 2.1. . Черета етапів впливу лазерного променя на заготовку. Їх кількісна та якісна залежність від параметрів опромінення останньої	2,5	1+	-2	-	21.5
Тема 2.2. Види впливу опромінення на матеріал заготовки в залежності від її властивостей та характеристик променя.	1.5	-2	-1	-	1.52
Тема 2.3. Шляхи керування результатами лазерного опромінення: від нагрівання поверхні заготовки до реалізації керованого термоядерного синтезу	35	-	-	-	3
Разом за розділом 2	715	41	5	-	66
Розділ 3. Умови та алгоритм проектування технологічної операції ЛРО					
Тема 3.1. Умови та обставини проектування технологічної операції ЛРО, виходячи із робочого креслення виробу або ТЗ на його виготовлення	2,5	-	2-	-	22.5
Тема 3.2. Алгоритм проектування технологічної операції ЛРО	2,57	31	2-	-	21.5
Разом за розділом 3	512	41	4	-	44
Модульна контрольна робота	1				1
Розділ 4. Технологічні схеми обробки порожнин (отворів, щілин, пазі)					
Тема 4.1. Тема 4.1. Схеми опромінення та вид інструменту відповідно до форми та розмірів поперечу елемента заготовки, що обробляється. Обробка в «ближній» та «дальній» зонах.					
4.1.1. Засоби перетворення пучка лазерного випромінювання у заготовку оброблюючого інструменту впливом на резонатор випромінювача	5	1	2-	-	14
4.1.2. Перетворення променя за межами резонатору для формування інструменту у вигляді каустики променя відповідних розмірів та форми.	43	-			3
4.1.3. Особливості формування інструменту для формування прецизійних елементів некруглої форми мікро та нано розмірів.	3				3
4.1.4. Особливості схеми обробки та формування інструменту для виготовлення елементів великих розмірів (>1 мм).	3				3
Тема 4.2. Методи управління позовжньою формою оброблювальних елементів.					
4.2.1. Залежність позовжньої форми мікро порожнин від схеми опромінення, шляхи збільшення її глибини .	62		2	-	2
4.2.2. Схеми формоутворення глибоких отворів з малим поперечом за рахунок використання явищ нелінійної оптики при обробці отворів з аспектною глибиною h/d >100	2		-	-	12
Разом за розділом 4	2418	61	101	-	186
Розділ 5. Методи визначення та реалізації режиму лазерної обробки порожнини					
Тема 5.1. Історична довідка про авторів та їх розробок у царині визначення закономірностей та шляхів впливу на кількісні результати ЛРО	86	1	-2	1	4
Тема 5.2. Прогнозування результатів обробки за аналітичними моделями. Оцінка достовірності прогнозування.	97	-	2-	-	37
Тема 5.3. Прогнозування результатів обробки за аналітичними моделями. Оцінка достовірності прогнозування.	168	6-	4-	-	48
Тема 5.4. Експериментальні дослідження та моделювання операцій ЛРО.					
5.4.1. Проектування режимів ЛРО. Одно критеріальні задачі.	1813	-	2	-	13

отформатировано: Шрифт: не полужирный

отформатировано: Шрифт: не полужирный

Отформатировано: Поз.табуляции: 0,58 см, по центру

отформатировано: Шрифт: не полужирный

отформатировано: Шрифт: не полужирный

отформатировано: Шрифт: не полужирный

отформатировано: Шрифт: не полужирный

отформатировано: Шрифт: не полужирный

отформатировано: Шрифт: не полужирный

отформатировано: Шрифт: не полужирный

отформатировано: Шрифт: не полужирный

отформатировано: Шрифт: не полужирный

Назви розділів та тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		Лекції	Практ. заняття	Лаборат. роботи	СРС
1	2	3	4	5	6
5.4.2. Проектування режимів ЛРО. Багато критеріальні задачі.					
Тема 5.5. Шляхи параметричного керування режимом обробки	2618	1	41	-	1016
Тема 5.6. Шляхи параметричного керування режимом обробки	8	-	-	1	7
Тема 5.7. Нерезимні методи підвищення якості ЛРО	6	-	-	-	6
Разом за розділом 5	7766	202	141	2	2561
Модульна контрольна робота 2	1				1
РГР	1510	-	-	-	1510
ЕкзаменЗалік	3010				3010
Всього годин	180120	6	362	2	90110

отформатировано: Шрифт: полужирный

отформатировано: Шрифт: полужирный

отформатировано: Шрифт: полужирный

отформатировано: Шрифт: курсив

отформатировано: Цвет шрифта: Авто

отформатировано: Цвет шрифта: Авто

отформатировано: Цвет шрифта: Авто

отформатировано: Цвет шрифта: Авто

5.1. Лекційні заняття

Таблиця 2. Теми лекційних занять

№ з/н/л ек	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, завдання на СРС з посиланням на літературу)
1	Вступ. Мета та задачі освітнього компоненту. Необхідність опанування компетенціями та навичками проектування технологічних операцій. Місія та місце виконання процедур створення технологічних операцій. Технологія виготовлення виробів, формування окремих їх елементів та створення з них корисних вузлів машин, самостійних приладів та конструкцій – чи можна вважати це наукою? Яку мету переслідують творці технологій, виконуючи своє призначення?
11	Розділ 1. Характеристики фізико-технічних технологій розмірної обробки Тема 1.1. Місце лазерної розмірної обробки у системі електрофізичних та електрохімічних методів (ЕФХМО). Порівняння (ЕФХМО) за техніко-економічними показниками у різних умовах обробки Література: базова - [1], стор. 8-11; [2], Пр. 1, сл. № 10-12, Завдання на СРС: Кількісні досягнення відносно розмірних, якісних та економічних показників конкурентних методів. Навести ті, з яких лазерна розмірна обробка перевершує досягнення інших методів. Які практичні технологічні задачі обробки отворів вирішуються з меншими витратами (економічними та технічними) з використанням нетрадиційних методів обробки. Вибрати найбільш ефективний метод формування системи з чотирьох отворів діаметром 0,1 мм, які розташовано у кутах квадрату із стороною 0,5 мм. Заготовка – листовий матеріал із конструкційної кераміки 22ХС товщиною 0,5 мм. Обґрунтувати зроблений вибір шляхом аналізу можливостей кожного з методів в умовах поставленого завдання. Література: додаткова [1]
	Розділ 2. Фізичні основи лазерної розмірної обробки. Механізми та етапи руйнування матеріалу заготовки пучком лазерного випромінювання при формуванні оброблювального елемента виробу
22	Тема 2.1. Черета етапів впливу лазерного променя на заготовку. Їх кількісна та якісна залежність від параметрів опромінення останньої. Література: базова - [1], стор. 12-16; [2], Пр. 1, сл. № 16-19, [3], стор. 280 - 286 Завдання на СРС: Навести незалежні та комплексні параметри пучка випромінювання та зв'язок між ними. Які теплофізичні властивості матеріалу заготовки впливають на характер та результати дії променя на заготовку. Визначити засоби параметричного керування пучком випромінювання/ Література: базова [3], додаткова [1]
	Розділ 3. Умови та алгоритм проектування технологічної операції ЛРО
35	Тема 3.2. Алгоритм проектування технологічної операції ЛРО. Формування та перетворення каустики пучка випромінювання в резонаторі та оптичними елементами (лінзами). Глибина різкості оптичної системи. Література: базова – [1], стор. 30-35; [2], Пр. 2, сл. № 14-25, Завдання на СРС: Технологічні схеми формування отворів пучком лазерного випромінювання. В яких умовах ефективна та чи інша схема? Які засоби концентрації променистої енергії використовуються у цих схемах. Формування пучка випромінювання у резонаторі, його

отформатировано: Шрифт: 12 пт

	перетворення тонкою сферичною лінзою. Глибина різкості оптичної системи, її вплив на повздовжній профіль отвору: за якої умови можна обробити циліндричний отвір? Література: додаткова [3]
	Розділ 4. Технологічні схеми обробки порожнин (отворів, щілин, пазів) різноманітної форми та розмірів
64	Тема 4.1. Схеми опромінення та вид інструменту відповідно до форми та розмірів попереку елементу заготовки, що обробляється. Обробка в «ближній» та «дальній» зонах. Література: базова – [1], стор. 36-42; [2], Пр. 3, сл. № 2-17 Завдання на СРС: Обробка у «дальній» зоні: які отвори за поперечним зрізом можна обробити у «дальній» зоні. Вибрати, накреслити та розрахувати оптичну систему для обробки кільцевої порожнини Ø10 мм шириною 0,1 мм пучком випромінювання лазера на гранаті діаметром 10 мм та з кутовим розходженням 0,005 рад. Прийняти показник переломлення матеріалу оптичних елементів рівний 1,5. Проекційна схема обробки отворів складної форми у тонких заготовках. Побудувати оптичну систему для формування пучка лазерного випромінювання складного поперечного профілю та концентрації його енергії на поверхню заготовки. Вибрати тип та накреслити оптичну схему для проекційної обробки вікна квадратної поперечної форми 50×50 мкм у плівці з хрому завтовшки 10 мкм на поверхні скляної пластинки. Випромінювач на рубіні з довжиною хвилі $\lambda = 0.6943$ мкм, діаметром пучка 5 мм з кутом розходження 0,003 рад. Скласти схему активно-проекційної оптичної системи для використання з лазером на парах міді, який має коефіцієнт підсилення активного середовища $\alpha = 10^2 \text{ см}^{-1}$. Література: додаткова [1]
	Розділ 5. Методи визначення та реалізації режиму лазерної обробки порожнини
405	Тема 5.1. Історична довідка про авторів та їх розробок у царині визначення закономірностей та шляхів впливу на кількісні результати ЛРО Тема 5.2. Прогнозування результатів обробки за аналітичними моделями. Оцінка достовірності прогнозування Методи прогнозування результатів лазерної розмірної обробки. Особливості аналітичного та експериментального методів проектування. Методика розробки аналітичних (функціональних) моделей процесу лазерної обробки; теплові концепції формоутворення порожнин. Феноменологічна модель. Обмеження в використанні аналітичних моделей. Література: базова – [1], стор. 53-62; [2], Пр. 4, сл. № 2-11 Завдання на СРС: Порівняльні характеристики розрахункових результатів прогнозування операцій обробки отворів за аналітичними моделями, причини недостатньої точності розрахунків. Розрахувати результати обробки заготовки із сталі 18Х2Н4ВА ($L_{\text{л}} = 8100 \text{ кДж/кг}$, $\rho = 7,8 \cdot 10^{-3} \text{ кг/см}^3$, $k = 0,3 \text{ Вт/(см.град)}$, $c = 0,6 \text{ кДж/(кг.град)}$, $c' = 0,52 \text{ кДж/(кг.град)}$, $a = 0,07 \text{ см}^2/\text{с}$, $T_{\text{л}} = 3010^\circ\text{C}$, $T_{\text{пл}} = 1520^\circ\text{C}$, $A = 0,67$) за таких умов опромінювання: $E = 5 \text{ Дж}$, $\tau = 500 \text{ мкс}$, $d_0 = 10^{-2} \text{ см}$, $D = 1,6 \text{ см}$, $F = 10 \text{ см}$, $\Delta F = 0$. Порівняти між собою одержані результати та оцінити їх з позицій точності передвіщення. Література додаткова [3]
6	5.4.2. Проектування режимів ЛРО. Багато критеріальні задачі. (1) Література додаткова [3] стор 697 - 710 Завдання на СРС: Обґрунтувати необхідність багато факторної методики досліджень процесів лазерної розмірної обробки, як єдиної в умовах складної взаємодії багатьох фізичних та хімічних явищ у зоні опромінювання. Етапи досліджень в умовах значущого діяння великої кількості факторів. Експериментальні плани, які ефективні з економічних та часових міркувань на етапі передпланування експериментів. Умови використання компромісних планів Бродського, методика їх побудови для одержання моделі процесу з визначеним складом. Логічне обґрунтування набору факторів, які включаються до постульованої моделі процесу. Скласти план експерименту на етапі передпланування для таких умов: - насичений план типу ДФЕ для оцінки ефективності лише лінійних членів для трьох факторів: енергії, кута розходження та фокусної відстані фокусуєної системи; - компромісний план для моделі другого порядку за умови значущої дії лінійних, квадратичних та парних ефектів усіх факторів з першим: $y = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i x_i + \sum_{i=1}^n a_{ii} x_i^2 + \sum_{i=2}^n a_{ii} x_i x_i,$ де: x_1 – енергія випромінювання, x_2 – тривалість імпульсу, x_3 – кут розходження пучка випромінювання. Ранжировочний ряд впливу керуємих факторів на розмірні показники процесу лазерної обробки отворів: діаметр та глибину для ненаскрізних отворів та діаметр вхідної та вихідної частин – для наскрізних отворів. Література: базова – [1], стор. 75-83; [2], Пр. 5, сл. №2-8

5.2. Практичні заняття

Основні завдання циклу практичних занять

Цикл практичних занять має ціллю закріплення головних тем освітнього компоненту, які засвоєно теоретично. В зв'язку з тим, що головним його завданням є надання знань і умінь вибору ефективного методу обробки, вдалої технологічної схеми операції та визначення необхідного за призначенням її технологічного оснащення.

Іншим завданням занять є надання умінь 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).

Таблиця 3. Темі практичних занять

№ з/пзан.	Назва теми заняття
1	1. Технологічні схеми операцій лазерної розмірної обробки мікро елементів заготовки (лунки, отвори, пази та щілини). 2. Технологічні схеми операцій формування отворів методом трепанції тіла заготовки. 3. Схеми формоутворення глибоких отворів з малим попереком
2	Проектування режимів технологічних операцій при їх оцінці за багатьма критеріями.
* Література додаткова [1 - 4]	

5.3. Лабораторні заняття

Основні завдання циклу лабораторних занять.

Цикл лабораторних робіт має ціллю практичного закріплення головних тем освітнього компоненту, які вивчено теоретично. В зв'язку з тим, що його головним завданням є надання знань та умінь прогнозування результатів та проектування технологічної операції, то всі лабораторні роботи пов'язано з цією діяльністю фахівця.

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість ауд. годин
1	Прогнозування результатів технологічної операції та проектування режимів лазерної розмірної обробки за аналітичними методами, оцінка якості проектування. Навчальний посібник 1 до роботи до роботи № 1: https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=... http://lft.kpi.ua http://lft.kpi.ua/ua/	1
2	Проектування режимів лазерної розмірної обробки експериментальними методами. Навчальний посібник 1 до роботи: № 2 http://lft.kpi.ua https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=...	1

6. Самостійна робота

Самостійна робота (110 год) студента полягає у самостійному засвоєнні лекційних (до 6 год.), практичних (до 2 год.) і лабораторних занять (до 2 год.) шляхом опрацювання рекомендованої літератури і підготовці відповідей на контрольні запитання для лекцій і лабораторних занять, виконання розрахунково-графічної роботи (10), а також у підготовці до заліку (10 год.).

№ з/пзан.	Назви тем і питань, що виносяться на самостійне опрацювання та посилання на навчальну літературу	Кількість годин СРС
1	Тема 1.1. Порівняння технологічних та техніко-економічних показників, виявлення переваг та недоліків лазерної розмірної обробки (ЛРО):	1

отформатировано: украинский

отформатировано: Шрифт: не курсив, украинский

отформатировано: Шрифт: не курсив, украинский

отформатировано: Шрифт: не курсив, украинский

Код поля изменен

отформатировано: Шрифт: не курсив, украинский

отформатировано: Шрифт: не курсив, украинский

отформатировано: Шрифт: не курсив, украинский

отформатировано: Шрифт: не курсив, украинский

отформатировано: Шрифт: не курсив, украинский

отформатировано: Шрифт: не курсив, украинский

Код поля изменен

отформатировано: украинский

Код поля изменен

отформатировано: Шрифт: 12 пт, курсив, подчеркивание, Цвет шрифта: Синий

Добавлено примечание ([T2]): розпишіть скільки СРС куди виділяєте, див. файл з рекомендаціями «ЗАУВАЖЕННЯ І ПОРАДИ»

отформатировано: русский

	- можливості створення комбінованого або гібридного інструментів на базі лазерного променя та більш дешевих засобів (енергетичних полів, газових струменів, потоків, тощо) Література: базова - [1] додаткова – [1 - 4]	
2	Тема 2.1. Етапи діяння лазерного променя на заготовку: - шляхи підвищення ефективності використання променистої енергії на усіх етапах її перетворення та використання. Література: додаткова – [1] Тема 2.2. Види впливу опромінення на матеріал заготовки: - вплив фазового стану матеріалу заготовки в зоні опромінення на кількісні та якісні показники технологічної операції, оптимізація стану матеріалу. Література: додаткова – [1, 2] Тема 2.3. Шляхи керування результатами лазерного опромінення: - параметричне керування пучком лазерного випромінювання резонаторними та поза резонаторними засобами Література: базова – [1] Література додаткова [3]	1.5 1.5 3
3	Тема 3.1. Обставини та умови проектування технологічної операції ЛРО: - шляхи поширення корисної інформації на базі даних креслення виробу або Технічного Завдання (ТЗ) на проектування технологічної операції. Література: базова – [2] Тема 3.2. Алгоритм проектування технологічної операції ЛРО: - оцінити кількісно на вільному матеріалі (метал, діелектрик) вагову складову теплофізичних його параметрів на темп нагрівання заготовки лазерним променем; - скласти перелік необхідних дій на процес лазерної розмірної обробки з метою оптимізації фази нагрівання матеріалу в зоні опромінення Література: додаткова - [3]	2.5 1.5 4
4	Тема 4.1. Методи управління формою попереку порожнини: - оцінити на конкретних прикладах техніко-економічні показники операцій обробки в дальній та ближній зонах. Література: додаткова – [2] Тема 4.2. Формування та перетворення каустики пучка випромінювання: - характеристики якості лазерного променя ВРР, М² та шляхи їх покращення впливом на параметри резонатору Література: додаткова – [1] Тема 4.3. Схеми формоутворення глибоких отворів з малим попереком: - ознайомитися із закономірностями перетворення пучка лазерного випромінювання системою лінз (об'єктивами); Література базова [1] Література додаткова [2] Тема 4.4. Схеми обробки точних мікро отворів складного профілю: - доказати можливості компенсації хроматичної аберації об'єктивами із системою лінз, виготовлених із різних за оптичною густиною матеріалів (ахроматами); Література додаткова [2] 4.5. Методи управління повздовжньою формою порожнини: - описати технологічний принцип обробки надглибоких отворів ($l/d > 12$); в режимі газолазерної обробки або над короткими імпульсами - описати технологічний принцип обробки мікро отворів мікро імпульсами (пічками мкс тривалості) ($d < 5$ мкм).	1 4 4 4 3

	Література: додаткова [2]	
5	Тема 5.1. Прогнозування результатів обробки за аналітичними моделями: - особливості аналітичного та експериментального методів проектування; методика розробки аналітичних (функціональних) моделей процесу лазерної обробки; теплові концепції формоутворення порожнин; феноменологічні моделі: прогнозування результатів обробки в використанні аналітичних моделей. Література базова [1], [2], додаткова [1] Тема 5.2. Проектування режимів ЛРО за аналітичними моделями: - аналітичне рішення рівняння теплопровідності із спрощеннями J. Steffen'а, прослідити етапи та результати змінення рівняння. Тема 5.3. Дослідження та моделювання операцій ЛРО: - експериментальні методи вибору режимів обробки: одно факторні методи досліджень процесу; методика активного багатфакторного експерименту для визначення режимів лазерної обробки. Класифікація факторів за керованістю та мінливістю. Огляд методів ранжування керуємих факторів. Література: додаткова - [1] Тема 5.4. Проектування режимів ЛРО. Одно критеріальні задачі: - аналіз значності впливу факторів процесу на розмірні результати обробки: методика, експериментальні плани, ранжировочні ряди керуємих факторів по їх впливу на поперечну та повздовжню форму порожнини, на точність обробки. Література: базова – [1], [2] Тема 5.5. Проектування режимів ЛРО. Багато критеріальні задачі. - порівняти оптимальні за різними критеріями оптимальності експериментальні плани з точки зору найшвидшого досягнення результату достатньої точності в умовах проектування режимів обробки; - виконати в межах співробітників кафедри експертну оцінку впливу керуємих факторів на точність отворів після лазерної обробки, побудувати рангову діаграму; - зробити аналіз якостей (переваг і недоліків) методів оптимізації багатокритеріальних технологічних задач. Література: базова – [1], [2];, додаткова - [1] Тема 5.6. Шляхи параметричного керування режиму обробки Тема 5.7. Нережимні методи підвищення якості ЛРО Література: додаткова [4]	4 7 8 13 16 7 6

отформатировано: Шрифт: полужирный

7. Політика викладання та засвоєння освітнього компоненту

Правила відвідування занять

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

Для студентів, які беруть на себе відповідальність за організацію і планування свого часу для навчання, є можливість опановувати дисципліну у змішаному режимі: ознайомлення з теоретичним матеріалом лекцій і розв'язування практичних завдань – самостійно, за необхідності проведення консультацій викладачем згідно графіку консультацій і відведеного на них часу, у відповідності до педагогічного навантаження викладача. Лабораторні роботи виконуються у груповому режимі під керівництвом відповідального викладача.

Правила поведінки на заняттях.

Добавлено примечание ([ТЗ]): ВАЖЛИВО

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 дотримуватись термінів виконання усіх видів робіт, передбачених курсом. Порухення термінів виконання певного виду робіт враховується згідно рейтингової системи оцінювання. **Під час дії воєнного стану штрафні бали не нараховуються.**

Добавлено примечание ([T4]): Важно!

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.

отформатировано: Основной шрифт абзаца, Шрифт: курсив

отформатировано: Шрифт: курсив

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 занять.

Календарний контроль.

Для контролю поточного стану виконання вимог **силабусу** двічі на семестр за графіком навчального процесу Університету або Інституту проводяться модульні контрольні роботи, тема яких викладена в Додатку В до сидабусу, 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 заліку, 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 (кредити/годин)	Розподіл годин за видами занять							Кількість МКР	Вид індо. завд.	Семестр ова
		Лекції	Практичні	Сем	Лаб	ора	Комп'	СРС			

								<i>Всього</i>	<i>На виконання індивід. завдання</i>			
<u>7</u>	<u>4.0/120</u>	6	2	=	2	=	110	<u>10</u>	<u>1</u>	<u>РГР</u>	залік	

отформатировано: русский

отформатировано: английский (США)

1. Рейтинг студента з освітнього компоненту 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 лабораторних робіт (**2 роботи**);
- виконання розрахунково-графічної роботи (**1 робота**).

2. Критерії нарахування балів:

2.1. Робота на практичних заняттях:

- активна творча робота – **1 бали × 18 = 18**;
- робота з позитивним результатом – **0,5 бал × 18 = 9**;
- пасивна робота – **0 балів × 0**.

2.2. Виконання лабораторних робіт:

Лаб.робота № 1:

- бездоганна робота – **10 балів**;
- є певні недоліки у підготовці та/або виконанні роботи – **8 балів**;
- робота не виконана або не захищена – **0 балів**.

Лаб.робота № 2:

- бездоганна робота – **12 балів**;
- є певні недоліки у підготовці та/або виконанні роботи – **6 балів**;
- робота не виконана або не захищена – **0 балів**.

2.3. Виконання розрахунково-графічної роботи (РГР):

- творчо виконана робота – **12 балів**;
- роботу виконано з незначними недоліками – **8 балів**;
- роботу виконано з певними помилками – **5 балів**;
- роботу не зараховано (завдання не виконане або є грубі помилки) – **0 балів**.
- примітка: За кожний тиждень запізнення з поданням РГР на перевірку нараховується **штрафний гш -1 бал** (усього не більше – **3 балів**).

3. Умовою **позитивної першої атестації** (на 8 тижні) є отримання не менше **11 балів** та виконання першої лабораторної роботи (на час атестації).

4. Умовою **позитивної другої атестації** (на 14 тижні) – отримання не менше **22 балів**, виконання першої лабораторної роботи та першого етапу другої роботи (на час атестації) за умови подання для контролю РГР.

5. Умовою допуску до заліку є зарахування всіх лабораторних робіт, РГР та стартовий рейтинг **не менше 26 балів**.

6. На заліку студенти повинні виконати **письмову контрольну роботу** або дати **усну відповідь**. Кожне завдання повинно утримувати два теоретичних запитання (завдання) і одне практичне. Кожне завдання складено з Переліку запитань до заліку з освітнього компоненту. Кожне запитання оцінюється у **16 балів** за такими критеріями:

- «**відмінно**», повна відповідь, не менше **95%** потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове розв'язування завдання) – **16-15 балів**;
- «**дуже добре**» майже повна відповідь, не менше **85%** потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове розв'язування завдання) – **14-13 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) – **12-11 балів**;

Отформатировано: По ширине, интервал после: 0 пт, междустрочный, одинарный

Отформатировано: По ширине, интервал Перед: 0 пт, после: 0 пт, междустрочный, одинарный

Отформатировано: По ширине, интервал после: 0 пт, междустрочный, одинарный

Отформатировано: По ширине, интервал Перед: 0 пт, после: 0 пт, междустрочный, одинарный

Отформатировано: По ширине, интервал после: 0 пт, междустрочный, одинарный

отформатировано: Шрифт: полужирный

Отформатировано: По ширине, интервал Перед: 0 пт, после: 0 пт, междустрочный, одинарный

Отформатировано: По ширине, интервал после: 0 пт, междустрочный, одинарный

Отформатировано: По ширине, интервал Перед: 0 пт, после: 0 пт, междустрочный, одинарный

Отформатировано: По ширине, интервал после: 0 пт, междустрочный, одинарный

– «задовільно», неповна відповідь, не менше 65% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 10-9 балів;

– «достатньо», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 8-7 балів;

– «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «достатньо», менше 60% – 0 балів.

7. Розрахунок шкали семестрового рейтингу:

$$r_C = \sum(r_{lr} + r_{lp} + r_{lpr}) = 18 + 22 + 12 = 52 \text{ бали}$$

$$RD = r_C + r_E = (r_{lr} + r_{lp} + r_{lpr}) + r_E = 100 \text{ балів}$$

7. * Для допуску до заліку студенти повинні захистити лабораторні роботи та виконати і захистити РГР, та мати стартовий рейтинг не менше ніж 0,5 r_C (26 балів).

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

9. Штрафні та заохочувальні бали за (не більше 10% від r_C для кожної групи):

- пропуск лабораторної роботи без поважної причини - (-)1 бал;
- несвоєчасне (пізніше ніж на тиждень) подання РГР (-) 3 бали;
- участь у факультетській олімпіаді з дисципліни, модернізації лабораторних робіт, виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни надається від 5 до 10 заохочувальних балів.

10. Сума стартових балів та балів за залікову контрольну роботу переводиться до залікової 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
Стартовий рейтинг менше ніж 0,5 r_C (26 балів). Є не зараховані лабораторні роботи або не зарахована РГР	Не допущено

9 Додаткова інформація з освітнього компонента

Питання для самопідготовки до виконання РГР:

<https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=254721>

Питання для самопідготовки до складання заліку:

<https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=254720>

Приклад тесту за умови складання заліку on-line:

<https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=254718>

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 в системі дистанційного навчання Moodle.

Отформатовано: По ширине

Отформатовано: Отступ: Слева: 1,27 см, Выступ: 0,63 см, интервал Перед: 12 пт, нумерованный + Уровень: 1 + Стиль нумерации: 1, 2, 3, ... + Начать с: 9 + Выравнивание: слева + Выровнять по: 1,27 см + Отступ: 1,9 см, Поз.табуляции: нет в 1,27 см

Отформатовано: интервал после: 12 пт

Максимальна кількість балів, які можна отримати за складання тесту 20х2 б.=40 б. Правильних відповідей на питання може бути більше однієї, що програмно враховано при нарахуванні балів.

Тест зараховується, якщо студент набрав не менше від 60% від максимальної кількості балів, що становить не менше 24 балів.

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:

$RD = R_c + R_e$	Оцінка ECTS	Традиційна оцінка
95...100	A	відмінно
85...94	B	добре
75...84	C	
65...74	D	
60...64	E	задовільно
< 60	F*	незадовільно
$R_c < 30$ або не виконані інші умови допуску до екзамену	F	не допущений

Силлабус освітнього компоненту:

1. Додаткова інформація з освітнього компонента

Питання для самопідготовки до виконання РГР:

<https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=227816>

Питання для самопідготовки до складання екзамену:

<https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=227819>

<https://do.ipk.kpi.ua/mod/page/view.php?id=90832>

Приклад тесту за умови складання екзамену on-line:

<https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=221609>

Силлабус освітнього компоненту:

Робочу програму освітнього компоненту (силлабус):

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

Ухвалено оновлення силлабусу: кафедрою ЛТ та ФТТ (протокол № 05 від 17.11.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією НН_ІМЗ ім Є.О. Патона

(протокол № 05/23 від 11.12.2023 р.)

Добавлено примечание ([T5]): якщо залік, то просто R

Отформатировано: По центру

Отформатировано: По центру

Отформатировано: По центру

Отформатировано: По центру

Отформатировано: По центру

Отформатировано: По центру

Отформатировано: По центру

Отформатировано: интервал Перед: 6 пт, после: 6 пт

отформатировано: Шрифт: курсив

Отформатировано: интервал Перед: 6 пт