



## Електрофізичні та електрохімічні методи обробки матеріалів

### Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

#### Реквізити навчальної дисципліни

<b>Рівень вищої освіти</b>	<i>Перший (бакалаврський)</i>
<b>Галузь знань</b>	<i>13 Механічна інженерія</i>
<b>Спеціальність</b>	<i>131 – Прикладна механіка</i>
<b>Освітня програма</b>	<i>Інструментальні системи інженерного дизайну</i>
<b>Статус дисципліни</b>	<i>Вибіркова</i>
<b>Форма навчання</b>	<i>очна(денна)/очна(вечірня)/заочна/дистанційна/змішана</i>
<b>Рік підготовки, семестр</b>	<i>IV курс, 8 семестр</i>
<b>Обсяг дисципліни</b>	<i>4,0 кредити 120 годин</i>
<b>Семестровий контроль/ контрольні заходи</b>	<i>залік / модульна контрольна робота, яку виконують у два етапи</i>
<b>Розклад занять</b>	<i>лекції та лабораторні роботи виконуються за розкладом <a href="https://kpi.ua/web_rozklad">https://kpi.ua/web_rozklad</a></i>
<b>Мова викладання</b>	<i>Українська</i>
<b>Інформація про керівника курсу / викладачів</b>	Лектор: к.ф.-м.н., доцент Ключников Юрій Валентинович <a href="mailto:yu.kliuchnikov@kpi.ua">yu.kliuchnikov@kpi.ua</a> , +380 50 351 74 68 Лабораторні: ст.. викладач Дубнюк Віктор Леонідович, <a href="mailto:vdubnyuk@ukr.net">vdubnyuk@ukr.net</a>
<b>Розміщення курсу</b>	Електронний кампус <a href="https://do.ipu.kpi.ua/">https://do.ipu.kpi.ua/</a> <a href="https://osvita.kpi.ua">https://osvita.kpi.ua</a> (розділ “Освітні програми”) <a href="http://vpi.kpi.ua">http://vpi.kpi.ua</a> <a href="http://mapv.vpi.kpi.ua">http://mapv.vpi.kpi.ua</a> (розділ “Освітні програми”)

#### Програма навчальної дисципліни

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

Програму навчальної дисципліни “ Електрофізичні та електрохімічні методи обробки матеріалів” складено відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра спеціальності 131 «Інструментальні системи інженерного дизайну».

Навчальна дисципліна належить до циклу професійної та практичної підготовки. Предмет навчальної дисципліни: особливості електрофізичних та електрохімічних методів обробки матеріалів, фізичні та фізико-хімічні процеси при електроерозійній, електрохімічній,

ультразвуковій, електронно-променевої, лазерній, плазмовій та комбінованих методах обробки матеріалів, технологічні операції і режими їх виконання, технологічні характеристики процесів, робочі середовища, інструмент та обладнання.

**Метою** навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей визначати технологічні характеристики процесів оброблення матеріалів із застосуванням електричного розряду, висококонцентрованих потоків енергії, анодного розчинення, коливань ультразвукової частоти або їх комбінованої дії., що включає таку послідовність дій для стандартних виробничих ситуацій:

- попередня порівняльна оцінка можливостей існуючих методів обробки, а також електро-фізичних і електро-хімічних, що стосується розмірних, якісних, показників продуктивності та собівартості, для обґрунтування вибору методу;
- аналіз придатних технологічних схем обробки 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 дисципліни** 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:

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу
- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях
- Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями
- Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел
- Здатність проводити технологічну і техніко-економічну оцінку ефективності використання нових технологій і технічних засобів
- Здатність застосовувати типові методи контролю якості виробів і об'єктів у сфері професійної діяльності
- Здатність обирати оптимальні типові технологічні процеси при виготовленні деталей
- Здатність проектувати технологічні операції обробки деталей
- Здатність прогнозувати якісні показники спроектованих технологічних операцій
- Здатність вдосконалювати методи обробки деталей

Знань, умінь та навичок:

- Обґрунтовувати можливості та принципи застосування методів обробки матеріалів
- Оцінювати параметри процесу для здійснення технологічних операцій
- Визначати мету технологічного проекту та розробляти алгоритм його виконання
- Вміти виконувати проектування режимів обробки технологічної операції за умови оцінки її результату за одним критерієм (технологічним або техніко-економічним);
- Вміти виконувати проектування режимів обробки технологічної операції за умови оцінки її результатів за багатьма критеріями (технологічними та техніко-економічними).
- Знати організаційні шляхи сприяння вдосконаленню технологічних операцій розмірної обробки
- Вміти пристосовуватися до вимог інноваційних проектів та виконувати цілеспрямовану дослідницьку діяльність на базі виконаних розробок та створених об'єктів інтелектуальної власності.
- Знати перелік методів обробки деталей.

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

Базується на знаннях, які засвоїв студент при вивченні фундаментальних та професійно-орієнтованих дисциплін (нарисної геометрії, інженерної та комп'ютерної графіки, фізики та опору матеріалів, теорії механізмів і машин, деталей машин і основ конструювання, електротехніки і електроніки, основ наукових досліджень та технічної творчості, вищої математики, спеціальних розділів математики, гідравліки, пневматики і вакуумної техніки, технології конструкційних матеріалів, матеріалознавства, метрології, взаємозамінності і стандартизації). Є базовою для вивчення наступних курсів фізичної суті процесів, методів керування ними, технологічних характеристик та обладнання, виконання проектування раціональних і економічних технологічних процесів, конструювання нових машин та приладів і ін.

### **3.Зміст освітнього компоненту**

**Вступ.** Загальна характеристика електрофізичних та електрохімічних методів обробки матеріалів.

Класифікація електрофізичних та електрохімічних методів обробки матеріалів. Особливості електрофізичних та електрохімічних методів обробки матеріалів.

**Розділ 1.** Електроерозійна обробка матеріалів.

1.1. Фізичні процеси при електроерозійній обробці матеріалів.

1.2. Основні параметри імпульсного розряду.

1.3. Робоча рідина, яка використовується при електроерозійній обробці матеріалів.

1.4. Електроди-інструменти.

1.5. Методи формоутворення при електроерозійній обробці матеріалів.

1.6. Технологічні операції електроерозійної обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу електроерозійної обробки матеріалів. Обладнання для електроерозійної обробки матеріалів.

**Розділ 2.** Електрохімічна обробка матеріалів.

2.1. Фізико-хімічні процеси при електрохімічній обробці матеріалів. Види електрохімічної обробки матеріалів.

2.2. Характеристика електролітів для електрохімічної обробки матеріалів. Методи стабілізації параметрів електролітів. Електроди-інструменти.

2.3. Технологічні операції електрохімічної обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу електрохімічної обробки матеріалів. Обладнання для електрохімічної обробки матеріалів.

**Розділ 3.** Ультразвукова обробка матеріалів

3.1. Фізико-хімічні процеси при ультразвуковій обробці матеріалів. Класифікація процесів ультразвукової обробки матеріалів. Ультразвукова абразивна обробка матеріалів. Характеристика ультразвукової абразивної обробки різних матеріалів. Робоче середовище при ультразвуковій абразивній обробці матеріалів. Інструменти для ультразвукової абразивної обробки матеріалів.

3.2. Технологічні операції ультразвукової абразивної обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу ультразвукової абразивної обробки матеріалів. Обладнання для ультразвукової абразивної обробки матеріалів.

**Розділ 4.** Електронно-променева обробка матеріалів.

4.1. Загальна характеристика та схема електронно-променевої обробки матеріалів. Фізичні процеси при електронно-променевій обробці матеріалів.

4.2. Технологічні операції електронно-променевої обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу електронно-променевої обробки матеріалів. Обладнання для електронно-променевої обробки матеріалів.

**Розділ 5.** Плазмова обробка матеріалів.

5.1. Принцип дії плазмотрона. Методи стабілізації дуги в плазмотроні. Фізичні процеси при плазмовій обробці матеріалів.

5.2. Технологічні операції плазмової обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу плазмової обробки матеріалів. Обладнання для плазмової обробки матеріалів.

**Розділ 6.** Лазерна обробка матеріалів.

6.1. Принцип дії лазера. Характеристика лазерного випромінювання. Фізичні процеси при лазерній обробці матеріалів.

6.2. Технологічні операції лазерної обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу лазерної обробки матеріалів. Обладнання для лазерної обробки матеріалів.

**Розділ 7.** Комбіновані та фізико-механічні методи обробки матеріалів.

7.1. Анодно-механічна обробка матеріалів.

Електроерозійно-хімічна обробка матеріалів

Тема 18. Ультразвукова електрохімічна обробка матеріалів

Тема 19. Вібраційна обробка матеріалів. Гідро-абразивна обробка матеріалів.

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

##### *Базова література*

1. Електрофізичні та електрохімічні методи обробки поверхонь деталей у машинобудуванні: [навчальний посібник]. - Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2011.- 412 с. Кіяновський М.В., Цивінда Н.І.

2. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни "Електрофізичні та електрохімічні методи обробки" для студентів усіх спеціальностей та форм навчання /Укл. Л.Ф.Головко, М.С.Блощин - К.: НТУУ «КПІ», 2019.- 68 с.

3. Коваленко В.С. Технология и оборудование электрофизических и электрохимических методов обработки материалов.- К.: Выща шк., 1983

4. Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов. Учеб. пособие. В 2-х томах. Т. 1. Обработка материалов с применением инструмента /Б.А.Артамонов, Ю.С.Волков и др. Под ред. В.П.Смоленцева.- М.: Высшая шк., 1983.-247 с.:ил.

5. Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов. Учеб. пособие. В 2-х томах. Т. 2. Обработка материалов с использованием высококонцентрированных источников энергии/Б.А.Артамонов, Ю.С.Волков и др. Под ред. В.П.Смоленцева.- М.: Высшая шк., 1983.-247 с.:ил.

##### *Додаткова література*

1. Advanced Machining Processes. Copyright © 2005 by The McGraw-Hill Companies. All rights reserved. Manufactured in the United States of America.

2. Manufacturing, Engineering & Technology, Fifth Edition, by Serope Kalpakjian and Steven R. Schmid. ISBN 0-13-148965-8. © 2008 Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, NJ.

3. Кравченко, Д. В. Электрофизические и электрохимические методы обработки : методические указания к выполнению контрольной работы / Д. В. Кравченко, О. Г. Крупенников. – Ульяновск : УлГТУ, 2015. – 28 с.

4. Технологические процессы механической и физико-химической обработки в авиадвигателестроении: учебное пособие / В.Ф . Безъязычный, М.Л . Кузменко, В.Н. Крылов и др.; под общ. ред. В .Ф . Безъязычного. – 2 -е изд., доп. – М.: Машиностроение, 2007. – 539 с.: ил.

5. Коваленко В.С. Лазерная технология.- К.: Выща шк.- 1989, 278 с.: ил.

6. Manufacturing Technology for Aerospace Structural Materials / F.C. Campbell / First edition 2006. Library of Congress Control Number: 2006927672; ISBN-13: 978-1-85-617495-4; ISBN-10: 1-85-617495-6

7. Общетехнический справочник. СПб.: Политехника, 2004. - 445 с.

8. Технология машиностроения. Высокоэнергетические и комбинированные методы обработки / Аверьянова И.О., Клепиков В.В. - М. 2008. - 304 с.

9. Инструментальные материалы: Учебное пособие / Г. А. Воробьева, Е. Е. Складнова, А. Ф. Леонов, В. К. Ерофеев, - СПб.: Политехника, 2005. - 268 с.

## Інформаційні ресурси

1. [lftt.kpi.ua](http://lftt.kpi.ua) (сайт кафедри ЛТ та ФТТ)
2. [login.kpi.ua](http://login.kpi.ua) (сайт КАМПУС'у)
3. [library.ntu-kpi.kiev.ua](http://library.ntu-kpi.kiev.ua) (сайт науково – технічної бібліотеки НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»)

## Навчальний контент

### 5. Методика опанування освітнього компоненту

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

Табл. 1. Структура викладання освітнього компоненту

Назви розділів та тем	Кількість годин			
	Всього	у тому числі		
		Лекції	Лабораторні	СРС
1	2	3	4	5
<b>Вступ. Загальна характеристика електрофізичних та електрохімічних методів обробки матеріалів</b>				
Вступ. Класифікація електрофізичних та електрохімічних методів обробки матеріалів. Особливості електрофізичних та електрохімічних методів обробки матеріалів.	4	4		
Всього за розділом Вступ	4	4		
<b>Розділ 1. Електроерозійна обробка матеріалів</b>				
Тема 1.1. Фізичні процеси при електроерозійній обробці матеріалів. Основні параметри імпульсного розряду.	8	2	2	4
Тема 1.2. Робоча рідина, яка використовується при електроерозійній обробці матеріалів. Електроди-інструменти. Методи формоутворення при електроерозійній обробці матеріалів.	10	2	2	6
Тема 1.3. Технологічні операції електроерозійної обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу електроерозійної обробки матеріалів. Обладнання для електроерозійної обробки матеріалів.	10	2	2	6
Всього за розділом 2	28	6	6	16

<b>Розділ 2. Електрохімічна обробка матеріалів</b>				
Тема 2.1. Фізико-хімічні процеси при електрохімічній обробці матеріалів. Види електрохімічної обробки матеріалів.	6	2		4
Тема 2.2. Характеристика електролітів для електрохімічної обробки матеріалів. Методи стабілізації параметрів електролітів. Електроди-інструменти.	6	2		4
Тема 2.3. Технологічні операції електрохімічної обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу електрохімічної обробки матеріалів. Обладнання для електрохімічної обробки матеріалів.	6	2		4
Всього за розділом 2	18	6		12
<b>Розділ 3. Ультразвукова обробка матеріалів</b>				

Тема 3.1. Фізико-хімічні процеси при ультразвуковій обробці матеріалів. Класифікація процесів ультразвукової обробки матеріалів. Ультразвукова абразивна обробка матеріалів. Характеристика ультразвукової абразивної обробки різних матеріалів. Робоче середовище при ультразвуковій абразивній обробці матеріалів. Інструменти для ультразвукової абразивної обробки матеріалів.	8	2	2	4
Тема 3.2. Технологічні операції ультразвукової абразивної обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу ультразвукової абразивної обробки матеріалів. Обладнання для ультразвукової абразивної обробки матеріалів.	8	2	2	4
Всього за розділом 3	16	4	4	8
<b>Розділ 4. Електронно-променева обробка матеріалів</b>				
Тема 4.1. Загальна характеристика та схема електронно-променевої обробки матеріалів. Фізичні процеси при електронно-променевої обробці матеріалів.	6	2		4
Тема 4.2. Технологічні операції електронно-променевої обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу електронно-променевої обробки матеріалів. Обладнання для електронно-променевої обробки матеріалів.	6	2		4
Всього за розділом 4	12	4		8
<b>Розділ 5. Плазмова обробка матеріалів</b>				
Тема 5.1. Принцип дії плазмотрона. Методи стабілізації дуги в плазмотроні. Фізичні процеси при плазмовій обробці матеріалів.	6	2		4
Тема 5.2. Технологічні операції плазмової обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу плазмової обробки матеріалів. Обладнання для плазмової обробки матеріалів.	6	2		4
Всього за розділом 5	12	4		8
<b>Розділ 6. Лазерна обробка матеріалів</b>				
Тема 6.1. Принцип дії лазера. Характеристика лазерного випромінювання. Фізичні процеси при лазерній обробці матеріалів.	4	2	2	
Тема 6.2. Технологічні операції лазерної обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу лазерної обробки матеріалів. Обладнання для лазерної обробки матеріалів.	16	2	4	10
Всього за розділом 6	20	4	6	10
<b>Розділ 7. Комбіновані та фізико-механічні методи обробки матеріалів</b>				
Тема 7.1. Анодно-механічна обробка матеріалів. Електроерозійно-хімічна обробка матеріалів. Ультразвукова електрохімічна обробка матеріалів. Вібраційна обробка матеріалів.	4	2		2
Тема 7.2. Гідро-абразивна обробка матеріалів. Магніто-абразивна обробка.	6	2	2	2
Всього за розділом 7	10	4	2	4
Всього годин	120	36	18	66

### 5.1. Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, завдання на СРС з посиланням на літературу)
1	<b>Вступна лекція (Частина 1). Класифікація електрофізичних та електрохімічних методів обробки матеріалів.</b> Мета та задачі курсу. Основні терміни та визначення.

	<p>Визначення енергетичних характеристик методів обробки матеріалів.  Класифікація електрофізичних та електрохімічних методів обробки.  Загальна характеристика методів та їх порівняння.  Загальний техніко-економічний аналіз фізико-технічних методів обробки.  Межі використання.  Гібридні технології обробки матеріалів.  Порівняльна характеристика електроерозійної та електрохімічної обробки.  Приклади застосування електроерозійної та електрохімічної обробки деталей.  Хімічна обробка.  Ультразвукова обробка.  Типові операції і технологічні процеси ультразвукової обробки.</p>
2.	<p><b>Вступна лекція (Частина 2). Променеві методи обробки. Гідроабразивна обробка.</b>  Загальна характеристика променевих способів обробки матеріалів.  Основні технологічні операції.  Гідроабразивна обробка.  Адитивні технології і їх зв'язок з фізико-технічними технологіями.  Точність розмірів та шорсткість поверхні, отриманої різними технологічними методами.  Порівняння різних способів термічного різання.</p>
3.	<p><b>Фізичні процеси при електроерозійній обробці матеріалів. Основні параметри імпульсного розряду [1,4].</b>  Електророзрядна обробка матеріалів.  Фізична сутність процесу.  Іскровий та дуговий розряд.  Механізм руйнування матеріалів у залежності від характеру розряду.  Параметри електричних імпульсів.  Методи генерації електричних імпульсів..</p>
4	<p><b>Робоча рідина, яка використовується при електроерозійній обробці матеріалів. Електроди-інструменти. Методи формоутворення при електроерозійній обробці матеріалів [1,4].</b>  Робочі рідини, функції, вимоги, гідродинамічні характеристики.  Інструменти, методика їх проектування.  Методологія визначення режимів обробки.  Технологічні характеристики електроерозійної обробки.  Продуктивність. Точність та якість обробки.</p>
5	<p><b>Технологічні операції електроерозійної обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу електроерозійної обробки матеріалів. Обладнання для електроерозійної обробки матеріалів [1,4].</b>  Обробка профільованим електродом.  Обробка дротяним електродом.  Типові операції та технологічні процеси електроерозійної обробки.  Електроконтактна обробка.  Основні фізичні процеси.  Механізм руйнування та деформування матеріалів.  Інструменти.  Типові операції.  Обладнання для електроконтактної обробки.  Електроіскрове легування.  Фізика процесу.  Технологічні закономірності.  Методи визначення режимів легування.  Обладнання та інструменти.  Типові операції електроіскрового легування, їх технологічні характеристики.</p>
6	<p><b>Фізико-хімічні процеси при електрохімічній обробці матеріалів. Види</b></p>

	<p align="center"><b>електрохімічної обробки матеріалів [1,4].</b></p> <p>Електрохімічна обробка матеріалів. Процес анодного розчинення. Закони Фарадея. Швидкість анодного розчинення її розрахунок. Електрохімічний еквівалент металів, сплавів. Процес формоутворення при електрохімічній обробці. Методи визначення міжелектродного проміжку. Метод електрографічних карт. Електрохіміко-гідравлічна обробка. Алгоритм визначення режимів обробки. Основні обмеження при визначенні режимів електрохімічної обробки.</p>
7	<p align="center"><b>Характеристика електролітів для електрохімічної обробки матеріалів. Методи стабілізації параметрів електролітів. Електроди-інструменти [1,4].</b></p> <p>Електроліти для електрохімічної обробки: функції, вимоги, гідродинамічні характеристики. Методи стабілізації параметрів електролітів. Електроди-інструменти. Методика корегування електродів - інструментів.</p>
8	<p align="center"><b>Технологічні операції електрохімічної обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу електрохімічної обробки матеріалів. Обладнання для електрохімічної обробки матеріалів [1,4].</b></p> <p>Технологічні характеристики електрохімічної обробки. Продуктивність. Точність, ефект вторинної обробки. Якість обробки. Обладнання для електрохімічної обробки: джерела живлення, системи автоматичного регулювання міжелектродного проміжку, гідросистеми. Типові операції електрохіміко-гідравлічної обробки. Електрохіміко-механічна обробка.</p>
9	<p align="center"><b>Фізико-хімічні процеси при ультразвуковій обробці матеріалів. Класифікація процесів ультразвукової обробки матеріалів. Ультразвукова абразивна обробка матеріалів. Характеристика ультразвукової абразивної обробки різних матеріалів. Робоче середовище при ультразвуковій абразивній обробці матеріалів. Інструменти для ультразвукової абразивної обробки матеріалів [1,4].</b></p> <p>Розповсюдження ультразвукових коливань в різних матеріалах, можливість їх концентрації. Фізичні процеси руйнування матеріалів. Обладнання для ультразвукової обробки. Магнітострикційні та п'єзокерамічні перетворювачі. Концентратори. Розрахунок концентраторів. Інструменти. Технологічні характеристики; продуктивність, точність, якість обробки. Показники оброблюваності матеріалів.</p>
10	<p align="center"><b>Технологічні операції ультразвукової абразивної обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу ультразвукової абразивної обробки матеріалів. Обладнання для ультразвукової абразивної обробки матеріалів [1,4].</b></p> <p>Типові операції і технологічні процеси розмірної ультразвукової обробки. Ультразвукове очищення. Обладнання. Типові операції. Ультразвукове зварювання. Технологічне використання ультразвуку. Ультразвукове свердлення, нарізання зубчастих коліс, шевінгування, точіння.</p>
11	<p align="center"><b>Загальна характеристика та схема електронно-променевої обробки матеріалів. Фізичні процеси при електронно-променевій обробці матеріалів [1,3,5].</b></p> <p>Променеві методи обробки. Електронно-променева обробка матеріалів. Фізична сутність процесу одержання електронно-променевого пучка. Електропроменеві гармати. Конструкції та принцип дії електроннопроменевої гармати. Процеси взаємодії електронного променя з матеріалами. Можливості фокусування електронного променя.</p>



12	<p><b>Технологічні операції електронно-променевої обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу електронно-променевої обробки матеріалів. Обладнання для електронно-променевої обробки матеріалів [1, 3, 5].</b></p> <p>Технологічні операції електронно-променевої обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу електронно-променевої обробки матеріалів. Обладнання. Електронно-променеве зварювання, виготовлення отворів, поверхнєве зміцнення.</p>
13	<p><b>Принцип дії плазмотрона. Методи стабілізації дуги в плазмотроні. Фізичні процеси при плазмовій обробці матеріалів [1, 3, 5].</b></p> <p>Плазмова обробка матеріалів. Фізика процесу. Плазмотрони. Плазмоутворюючі гази. Методи стабілізації дуги. Розрахунок режимів плазмової обробки.</p>
14	<p><b>Технологічні операції плазмової обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу плазмової обробки матеріалів. Обладнання для плазмової обробки матеріалів [1, 3, 5].</b></p> <p>Плазмове термозміцнювання, зварювання, наплавлення, різання. Комбіноване плазмо-механічне різання. Типові операції та обладнання.</p>
15	<p><b>Принцип дії лазера. Характеристика лазерного випромінювання. Фізичні процеси при лазерній обробці матеріалів [1, 3, 5].</b></p> <p>Лазерне випромінювання, способи його одержання. Основні властивості лазерного випромінювання. Принцип дії та побудова твердотільного лазерного випромінювача. Активні середовища. Способи накачки. Газорозрядні лампи. Резонатори. Газові лазери, принцип роботи, типи, конструкції. Напівпровідникові потужні лазери, їх побудова, принцип роботи, характеристики. Волоконні лазери. Способи транспортування та фокусування лазерного випромінювання.</p>
16	<p><b>Технологічні операції лазерної обробки матеріалів. Технологічні характеристики процесу лазерної обробки матеріалів. Обладнання для лазерної обробки матеріалів [1,5].</b></p> <p>Процеси лазерного термозміцнення, легування та наплавлення, вирощування тривимірних виробів. Розрахунок режимів лазерної обробки. Лазерне зварювання, розмірна обробка. Технологічне обладнання. Типові операції лазерної обробки.</p>
17	<p><b>Анодно-механічна обробка матеріалів. Електроерозійно-хімічна обробка матеріалів. Ультразвукова електрохімічна обробка матеріалів. Вібраційна обробка матеріалів [1,5].</b></p> <p>Анодно-механічна обробка. Фізика процесу. Особливості процесу. Анодно-механічне різання: загострювання інструменту. Визначення режимів обробки. Інструменти. Технологічні операції. Ультразвукова електрохімічна обробка. Механізм руйнування матеріалів. Обробка абразиво несучим інструментом. Технологічні характеристики. Типові операції. Обладнання для комбінованої обробки. Вібраційна обробка матеріалів.</p>
18	<p><b>Гідро-абразивна обробка матеріалів. Магніто-абразивна обробка [1,5, Д1].</b></p> <p>Водоструйна обробка Струйна абразивна обробка Льодоструйна обробка. Порівняння водоструйної і льодоструйної обробки Гідроабразивна розмірна обробка. Обладнання.</p>

Технологічні характеристики гідро абразивної обробки. Порівняння гідро абразивної обробки з іншими процесами обробки. Технологічна схема гідро абразивної обробки. Основні технологічні застосування гідро абразивної обробки Гідроабразивна оздоблювально-зачисна обробка Магнітно-абразивна обробка
--

## 5.2. Лабораторні заняття

Основні завдання циклу лабораторних занять.

Метою циклу лабораторних робіт є практичне закріплення головних тем освітнього компоненту, які вивчено теоретично. Його головним завданням є надання знань з вибору оптимальних матеріалів для деталей і елементів конструкцій з урахуванням їх структури, фізичних, механічних, хімічних та експлуатаційних властивостей, а також економічних факторів та умінь розробляти технологічні процеси оброблення матеріалів. В зв'язку з цим, всі лабораторні роботи пов'язано з цією діяльністю.

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість аудиторних годин
1.	Технологія прошивання отворів у заготовці електроерозійною обробкою.	2
2.	Особливості мікрорельєфу поверхні при електроіскровому розрізанні.	2
3.	Електроіскрове легування металевих матеріалів	2
4.	Вивчення особливостей коливальної системи ультразвукових верстатів і визначення змін швидкості робочої подачі інструмента при прошиванні отвору.	2
5.	Визначення продуктивності ультразвукового прошивного верстату для обробки отворів.	2
6.	Будова та основні елементи твердотілого технологічного лазера.	2
7.	Будова та основні елементи газорозрядного технологічного лазера.	2
8.	Керування енергетичними параметрами лазерного технологічного обладнання.	2
9.	Вивчення основних закономірностей вібраційної обробки.	2

## 6. Самостійна робота

№ з/п	Назви тем і питань, що виносяться на самостійне опрацювання та посилання на навчальну літературу	Кількість годин СРС
1	<b>Тема 1.1.</b> Методика розрахунку електричних параметрів електроерозійної обробки заготовок [ДЗ]. Методика розрахунку техніко-економічних показників електроерозійної обробки заготовок [ДЗ].	4
	<b>Тема 1.2.</b> Визначення електричних параметрів електроерозійної обробки заготовок [ДЗ].	6
	<b>Тема 1.3.</b> Визначення техніко-економічних показників електроерозійної обробки заготовок [ДЗ].	6
2	<b>Тема 2.1.</b> Методика розрахунку основних параметрів електрохімічної обробки [ДЗ].	4
	<b>Тема 2.2.</b> Визначити основні параметри розмірної ЕХО [ДЗ].	4
	<b>Тема 2.3.</b> Обладнання для електрохімічної обробки матеріалів	4
3	<b>Тема 3.1.</b> Обладнання для ультразвукової обробки[2]. Магнітострикційні та п'єзокерамічні перетворювачі. Концентратори. Розрахунок концентраторів. Інструменти[2].	4
	<b>Тема 3.2.</b> Обладнання для ультразвукової абразивної обробки матеріалів[2].	4

4	<i>Тема 4.1. Технологічні характеристики процесу електронно-променевої обробки матеріалів[1, 5].</i> <i>Тема 4.2. Обладнання для електронно-променевої обробки матеріалів.</i>	4 4
5	<i>Тема 5.1. Технологічні операції плазмової обробки матеріалів[1, 5].</i> <i>Тема 5.2. Обладнання для плазмової обробки матеріалів [1, 5].</i>	4 4
6	<i>Тема 6.2. Лазерне гартування. Визначення режимів зміцнення лазерним випромінюванням інструментальних сталей [3,Д9].</i> <i>Тема 6.2. Технологічні операції лазерної обробки матеріалів.</i> <i>Технологічні характеристики процесу лазерної обробки матеріалів.</i> <i>Обладнання для лазерної обробки матеріалів[2,3].</i>	6 4
7	<i>Тема 7.1. Вивчити основні закономірності вібраційної обробки виробів із чорних і кольорових металів; визначити вплив складу й характеристик робочого середовища на продуктивність й якість поверхонь оброблюваних виробів [2].</i> <i>Тема 7.2. Гідро-абразивна обробка матеріалів [Д1].</i>	2 2
8	<i>Всього годин</i>	66

## 7. Політика викладання та засвоєння освітнього компоненту

Викладання освітнього компоненту базується на загально прийнятих нормах та за традиційними правилами, які спонукають студентів бути зацікавленими в отриманні знань з дисциплін, що визначають їх професійні компетенцію та придатність. Серед цих правил важливим, але не визначальним, є **правило відвідування** усіх видів занять, як умови тісного контакту з викладачами для безпосереднього засвоєння їх знань, перейняття досвіду творчого життя, культури та принципів гідного поведіння, вигляду та відношенням до собі рівних та послідовників (або противників). Не завжди кількість відвідувань занять пропорційні якості засвоєння матеріалів дисципліни, більш визначальним є **активність, цікавість, творчість** при виконанні завдань, вирішенні тривіальних задач, що проявляється у пошуку та знаходженні оригінальних рішень системного виду та прикладного характеру. Тому у заслугу студенту повинна ставитися не тупа відсидка за партою на заняттях, а творча непосидливість, активна праця над заданими даними та при пошуку нетрадиційних відповідей та рішень. Велика кількість пропозицій, вимога частих та глибоких пояснень під час засвоєння матеріалу лекцій, на практичних заняттях та при виконанні лабораторних робіт на відповідному обладнанні більш цінні та корисні, ніж вивчені заздалегідь тривіальні основи загально відомих знань, цитування абзаців підручників, конспектів лекцій, тобто повинні оцінюватися викладачами більшою відзнакою.

Що стосується правил пристойної поведінки на заняттях, зокрема, підтримання зв'язку із зовнішнім середовищем, то не **заборона використання відповідних гаджетів** може привести до корисного результату, а зацікавлення студента такою якістю викладання матеріалу, що б йому не було цікаво відволікатися на інші справи. Такий підхід дозволяє широко залучати до творчого процесу навчання можливості **бази даних інтернету**, засобів обчислювальної техніки та наочних матеріалів.

Деякі види навчання, такі як **лабораторні роботи**, мають суттєву відмінність від інших видів занять тим, що потребують прискіпливого приготування до них за межами навчального закладу. Тому крім присутності та активної поведінки студентів в лабораторіях, повинна вимагатися **готовність відповідного рівня** до мети роботи, **наявність** у студента вихідних даних, бланків відповідності та витратних матеріалів у визначеному вигляді. Порядок, умови захисту лабораторних робіт та відповідна його оцінка повинні враховувати особливості виду занять та знайти відбиття в рейтинговій системі оцінювання (РСО).

Визначні за змістом, якістю рішень та оформленням відповідних текстових та графічних матеріалів роботи (індивідуальні та лабораторні), а також ті, що гірші за усіма показниками можуть оцінюватися додатковими **заохочувальними або штрафними** балами, що також повинно відображатися в РСО.

Інші правила та етапи засвоєння освітнього компоненту, включаючи проведення перевірки на **плагіат**, дотримання **академічної доброчесності**, а також досягнення позитивного

результату при різних видах контролю повинні відповідати нормативним документам Університету та не суперечити законодавству України

## 8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання

### Поточний контроль.

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

### Календарний контроль.

Для контролю поточного стану виконання вимог **силабусу** двічі на семестр за графіком навчального процесу Університету або Інституту проводяться модульні контрольні роботи, тема яких викладена в Додатку Б 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 екзамену, умови допуску до якого та принцип оцінювання викладено в РСО освітнього компоненту.

### Рейтингова система оцінювання результатів навчання студентів

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

Семестр	Всього (кредит /годин)	Розподіл годин за видами занять			Кількість МКР	Семестрова атестація
		Лекції	Лабораторні роботи	СРС		
6	4.0/120	36	18	66	1	залік

1. Рейтинг студента з освітнього компоненту розраховується виходячи із 100-бальної шкали включає оцінювання заходів поточного контролю з дисципліни впродовж семестру і складається з балів, що студент отримує за:

- виконання лабораторних робіт (**9 робіт**);
- модульну контрольну роботу (**1 робота**);
- самостійну роботу (**4 розділи** лекційного матеріалу),
- а також, заохочувальних та штрафних балів.

#### 2. Критерії нарахування балів:

##### **2.1. Виконання лабораторних робіт:**

- бездоганна робота – **6 балів** × **9** = **54**;
- є певні недоліки у підготовці та/або виконанні роботи – **4 бали**;
- робота не виконана або не захищена – **0 балів**.

##### **2.2. Модульна контрольна робота МКР (до 18 балів, або 2 МКР по 9 балів):**

- повна, змістовна та аргументована відповідь – **18 балів** (одна МКР) тобто **2 × 9** (для двох атестацій);
- відповідь з несуттєвими помилками (< 3) – **10 балів** (одна МКР) або **2 × 5** (дві атестації);
- неправильна відповідь – **0 балів**

##### **2.3. Самостійна робота:**

- активна творча робота – **7 балів** × **4** = **28**;
- робота з позитивним результатом – **4 бала** × **4** = **16**;
- пасивна робота – **0 балів**.

#### 2.4. Штрафні та заохочувальні бали за (не більше 10% від *RD*):

- пропуск лабораторної роботи (у режимі of-line) без поважної причини: - 1 бал;
- несвоєчасне (пізніше ніж на 2 тижні) подання звіту з лабораторної роботи: -2 бали;
- несвоєчасне виконання самостійної роботи: -2 бали;
- участь у конференції, олімпіаді з дисципліни, модернізації лабораторних робіт, виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни надається від 5 до 10 заохочувальних балів.

3. Умовою позитивної першої атестації (на 8 тижні) є отримання не менше **15 балів** та виконання першої лабораторної роботи (на час атестації).

4. Умовою позитивної другої атестації (на 14 тижні) – отримання не менше **30 балів**, виконання половини лабораторних робіт та половини самостійної роботи (на час атестації)

5. Умовою допуску до заліку є зарахування всіх лабораторних робіт (після їх захисту), виконання завдань самостійної роботи та стартовий рейтинг **не менше 30 балів**.

6. Рейтингова оцінка доводиться до здобувачів на передостанньому занятті з дисципліни в семестрі. Розрахунок шкали рейтингу:

$$RD = \sum(r_{лр} + r_{мкр} + r_{с.р.}) = 54 + 18 + 28 = 100 \text{ балів}$$

7. Здобувачі, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань.

8. Зі здобувачами, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку менше 60 балів, а також з тими здобувачами, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку, на останньому за розкладом занятті з дисципліни в семестрі викладач проводить семестровий контроль у вигляді залікової контрольної роботи або співбесіди.

9.1. На заліку студенти повинні виконати *письмову контрольну роботу* або дати *усну відповідь*. Кожне завдання повинно містити три теоретичних запитання (завдання) і одне практичне. Кожне завдання складено з Переліку запитань до заліку з освітнього компоненту. Кожне запитання оцінюється у **10 балів** за такими критеріями:

- повна відповідь, не менше **95%** потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове розв'язування завдання) – **10 балів**;
- майже повна відповідь, не менше **85%** потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове розв'язування завдання) – **9 балів**;
- 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) – **8 балів**;
- неповна відповідь, не менше **65%** потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – **7 балів**;
- неповна відповідь, не менше **60%** потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – **6 балів**;
- відповідь не відповідає умовам до «достатньо», менше **60%** – **0 балів**.

9.2. Після виконання залікової контрольної роботи, якщо оцінка за залікову контрольну роботу більша ніж за рейтингом, здобувач отримує оцінку за результатами залікової контрольної роботи.

9.3. Якщо оцінка за залікову контрольну роботу менша ніж за рейтингом, застосовується (за рішенням кафедри) один з двох варіантів:

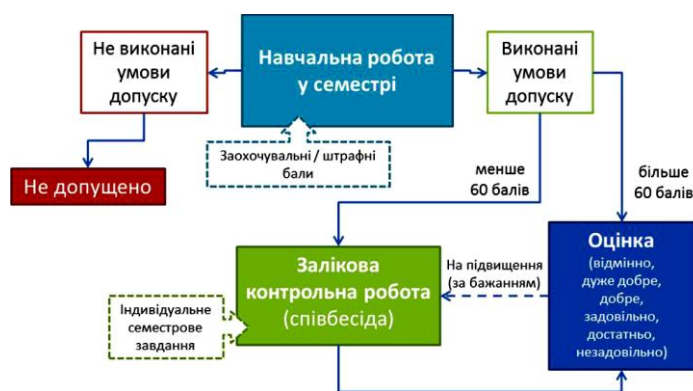
- 1-й варіант: «жорстка» РСО – попередній рейтинг здобувача (за винятком балів за семестрове індивідуальне завдання) скасовується і він отримує оцінку з урахуванням результатів залікової контрольної роботи. Цей варіант формує відповідальне ставлення здобувача до прийняття рішення про виконання залікової контрольної роботи, змушує його критично оцінити рівень своєї підготовки та ретельно готуватися до заліку;

• 2-й варіант: «м'яка» РСО – здобувач отримує більшу з оцінок, що отримані за результатами залікової контрольної роботи або за рейтингом.

10. До відомості семестрового контролю викладач заносить рейтингові бали, отримані здобувачем у семестрі або за результатами виконання залікової контрольної роботи, та оцінку (залікову) відповідно до цих балів згідно з таблицею:

Бали	Оцінка
100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Є не зараховані лабораторні роботи	Не допущено

11. Схема функціонування РСО з дисципліни із семестровим контролем у вигляді заліку ( ПОЛОЖЕННЯ про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського. Наказ № 1/273 від 14.09.2020 р.



## 9. Додаткова інформація з освітнього компоненту.

- перелік питань, які виносяться до календарного контролю, наведено в Додатку А до силабусу
- на письмовий або усний залік виносяться питання, які викладено у Додатку А до силабусу. Білет складається з 4 питань по кожному розділу (1, 2, 3, 4) і задач 1,2.
- перелік завдань для самостійної роботи наведено в п.6 (самостійна робота) силабусу

### Робочу програму освітнього компоненту (силабус):

**Складено:** доцент, к.ф.-м.н., доцент Ключников Юрій Валентинович

**Ухвалено:** кафедрою ЛТФТТ (протокол № 11 від «23» червня 2021 р.)

**Погоджено** Методичною комісією інституту ММІ

(протокол № \_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.)

### Додаток А

до силабусу освітнього компоненту  
 “Авіаційні матеріали та їх технології” (6 семестр)  
 (Тематика завдань модульних контрольних робіт)

#### Розділ 1

1. Навести і пояснити основні технологічні схеми електроерозійної обробки.
2. Пояснити фізичну сутність процесу електроерозійної обробки.

3. Дати характеристику стадіям протікання процесу електроерозійної обробки.
4. Дати характеристику режимам електроерозійної обробки. Якими параметрами вони визначаються?
5. Основні закономірності електроерозійної обробки. Як визначаються технологічні показники при електроерозійній обробці?
6. Продуктивність процесу електроерозійної обробки. Приведіть шляхи підвищення продуктивності.
7. Точність при електроерозійній обробці. Шляхи зниження погрішності.
8. Якість поверхні після електроерозійної обробки. Охарактеризуйте вплив електроерозійної обробки на механічні властивості.
9. Особливості проектування технологічних процесів електроерозійної обробки.
10. Навести класифікацію основних деталей, які виготовляють електроерозійною обробкою і дати приклади.
11. Особливості конструкції електрода-інструмента для електроерозійної обробки. Навести приклади.
12. Як обирають матеріал і метод виготовлення електрода-інструмента для електроерозійної обробки?
13. Як зменшити зношення електрода-інструменту при електроерозійній обробці?
14. Устаткування для електроерозійної обробки. Основні вузли електроерозійного верстату.
15. Накреслити і пояснити схему копіровально-прошивного електроерозійного верстату.
16. Накреслити і пояснити схему вирізного електроерозійного верстату.

## **Розділ 2**

1. Схема прошивання за методом електрохімічної обробки. Порівняти з електроерозійною обробкою.
2. Навести основні схеми електрохімічної обробки. Навести приклади їх використання.
3. Механізм анодного розчинення. Навести схему електролізу. Електроліти.
4. Закон анодного розчинення. Чим визначається швидкість лінійного розчинення аноду.
5. Точність при електрохімічній обробці. Шляхи зниження погрішності.
6. З яких матеріалів і якими методами виготовляють електрод-інструмент при електрохімічній обробці. В яких випадках необхідна компенсація зміни параметрів; в чому вона полягає?
7. Якість поверхні після електрохімічної обробки. Охарактеризувати вплив електрохімічної обробки на механічні властивості.
8. Продуктивність процесу електрохімічної обробки. Приведіть шляхи підвищення продуктивності.
9. Особливості проектування технологічних процесів електрохімічної обробки.
10. Технологічні можливості електрохімічних методів обробки. Навести приклади.
11. Електроабразивна та електроалмазна обробка. Навести схему і пояснити суть процесу.
12. Анодно-механічна обробка. Пояснити суть процесу і навести схеми.
13. Переваги і недоліки електрохімічної обробки в порівнянні з механічною та електроерозійною.

## **Розділ 3**

1. Пояснити принцип розмірної ультразвукової обробки вільним абразивом.
2. Пояснити суть інтенсифікації процесів різання при ультразвуковій обробці.
3. Пояснити сутність ультразвукового зміцнення поверхні деталей.
4. Навести приклади технологічного використання ультразвуку.
5. Фізична сутність ультразвукової обробки.
6. Вплив технологічних факторів на процес розмірної ультразвукової обробки.

7. Точність при ультразвуковій обробці. Шляхи зниження погрішності.
8. З яких матеріалів виготовляють інструмент для розмірної ультразвукової обробки? Як зменшити зношення інструменту?
9. Які фактори впливають на якість поверхні при ультразвуковій розмірній обробці? Як змінюються властивості поверхні обробленої поверхні?
10. Продуктивність процесу ультразвукової розмірної обробки. Приведіть шляхи підвищення продуктивності.
11. Особливості проектування технологічних процесів ультразвукової розмірної обробки.
12. Типові операції ультразвукової розмірної обробки.
13. Переваги і недоліки ультразвукової розмірної обробки в порівнянні з іншими методами обробки деталей.
14. З яких елементів складаються ультразвукові коливальні системи? Які основні принципи їх проектування?
15. Накреслити і пояснити схему прошивного ультразвукового верстату.
16. Пояснити принцип ультразвукового зварювання, паяння і нанесення покриттів лудінням
17. Охарактеризувати основні операції розмірної ультразвукової обробки.

#### **Розділ 4, 5, 6**

1. Променеві методи обробки. Основні технологічні процеси. Порівняльні характеристики.
2. Фізична сутність електронно-променевої обробки. Переваги і недоліки.
3. Електронно-променева розмірна обробка.
4. Електронно-променеве зварювання.
5. Технологічні параметри операцій розмірної обробки електронним променем і область їх застосування.
6. Електронно променеве полірування та термообробка.
7. Плазмова обробка. Плазмотрони.
8. Технологічне застосування плазмової обробки.
9. Плазмове різання.
10. Плазмове зварювання.
11. Плазмове наплавлення та напилення.
12. Порівняння плазмового, кисневого та лазерного різання.
13. Технологічні операції лазерної обробки матеріалів.
14. Основні уявлення квантової електроніки.
15. Підсилення світла за допомогою резонатора.
16. Принцип дії твердотільного лазера.
17. Принцип дії і будова газового лазера.
18. Будова волоконного лазера.
19. Взаємодія лазерного випромінювання з рідиною.
20. Основні технологічні закономірності процесу обробки отворів
21. Променеві методи розкрою. Порівняльна характеристика.
22. Типи лазерів в залежності від активної речовини.
23. Технологічні характеристики лазерної розмірної обробки матеріалів.
24. Фізичні основи лазерного випромінювання. Інверсія населеностей.
25. Лазерне різання.
26. Характеристики лазерного випромінювання.
27. Лазерне зміцнення.
28. Лазерне наплавлення.
29. Лазерне обладнання. Основні вузли.
30. Дати порівняльну характеристику лазерам різних типів.

#### **Розділ 7**

1. Анодно-механічна обробка. Фізика процесу. Особливості процесу.
2. Анодно-механічне різання: загострювання інструменту.
3. Визначення режимів обробки. Інструменти. Технологічні операції.
4. Ультразвукова електрохімічна обробка. Механізм руйнування матеріалів.



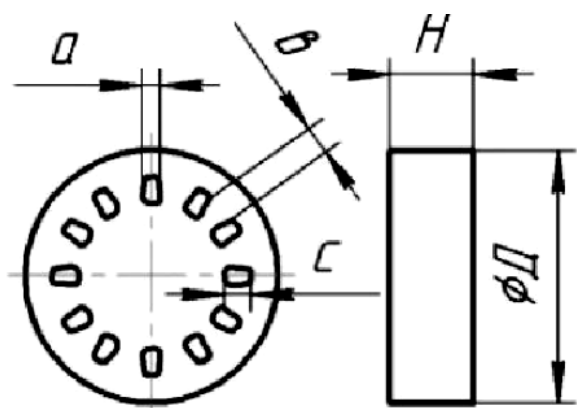
5. Обробка абразиво несучим інструментом.
6. Технологічні характеристики. Типові операції.
7. Обладнання для комбінованої обробки.
8. Водоструйна обробка
9. Струйна абразивна обробка
10. Льодоструйна обробка. Порівняння водоструйної і льодоструйної обробки
11. Гідроабразивна розмірна обробка. Обладнання.
12. Технологічні характеристики гідро абразивної обробки.
13. Порівняння гідро абразивної обробки з іншими процесами обробки.
14. Технологічна схема гідро абразивної обробки.
15. Основні технологічні застосування гідро абразивної обробки
16. Гідроабразивна оздоблювально-зачисна обробка
17. Магнітно-абразивна обробка

## Задача

### Варіант 1

Необхідно вибрати для заданої поверхні:  
 спосіб обробки; робоче середовище;  
 верстат; електрод-інструмент.  
 Оброблюваний матеріал: скло.

$$a = 2; b = 5; c = 4; H = 3; D = 40.$$

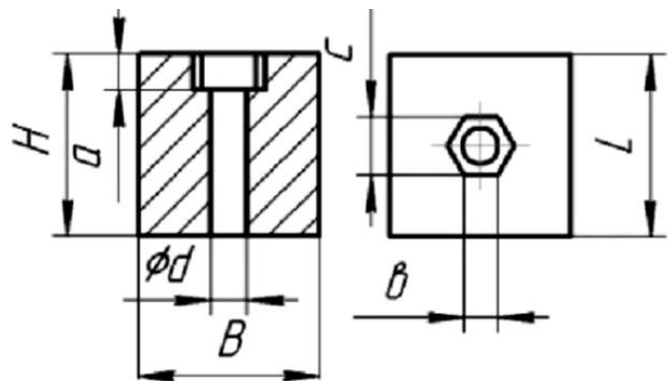


### Варіант 2

Необхідно вибрати для заданої  
 поверхні: спосіб обробки;  
 робоче середовище; верстат;  
 електрод-інструмент. Оброблюваний  
 матеріал: магнітний сплав.

$$B = 20; H = 25; L = 25;$$

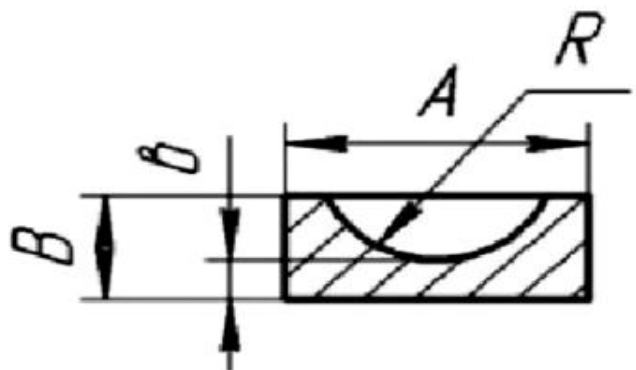
$$a = 5; b = 10; c = 10; d = 5.$$



### Варіант 3

Необхідно вибрати для заданої  
 поверхні: спосіб обробки;  
 робоче середовище; верстат;  
 електрод-інструмент. Оброблюваний  
 матеріал: кераміка.

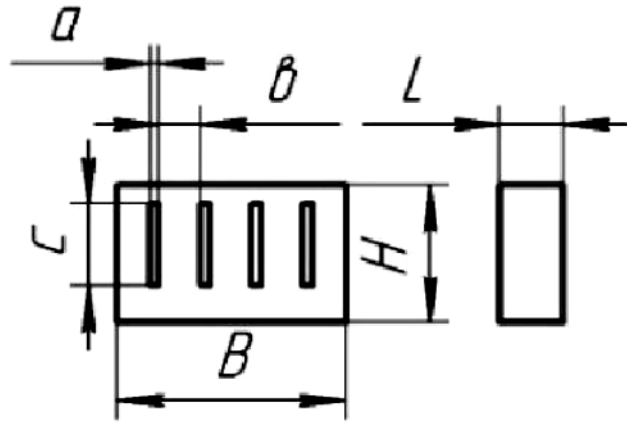
$$B = 40; b = 2; R = 5; A = 40.$$



#### Варіант 4.

Необхідно вибрати для заданої деталі: спосіб обробки; робоче середовище; верстат; електрод-інструмент. Оброблюваний матеріал: латунь.

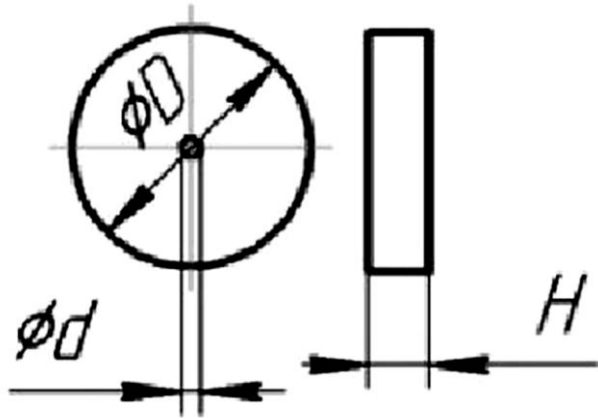
$$B = 30; H = 15; L = 5; a = 1.5; b = 8; c = 8.$$



#### Варіант 5

Необхідно вибрати для заданої поверхні: спосіб обробки; робоче середовище; верстат; електрод-інструмент. Оброблюваний матеріал: кварц.

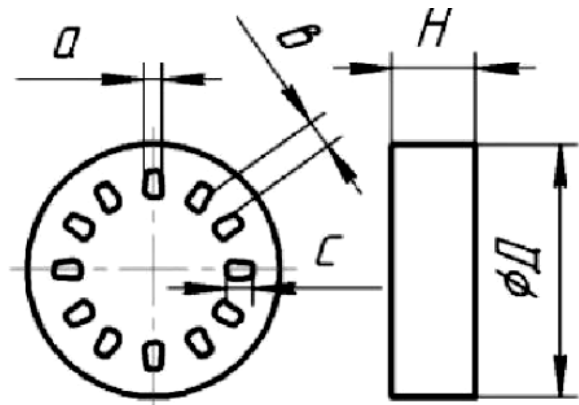
$$D = 50; d = 5; H = 5.$$



#### Варіант 6

Необхідно вибрати для заданої поверхні: спосіб обробки; робоче середовище; верстат; інструмент. Оброблюваний матеріал: сталь 12X13.

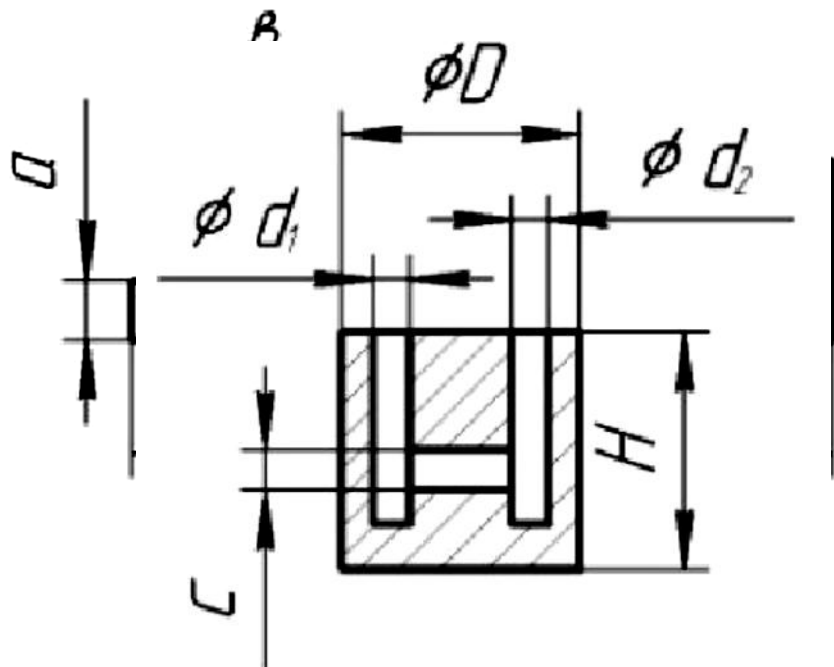
$$a = 5; b = 5; c = 10; H = 3; D = 140.$$



#### Варіант 7

Необхідно вибрати для заданої поверхні: спосіб обробки; робоче середовище; верстат; електрод-інструмент. Оброблюваний матеріал: магнітний сплав.

$$a = 8; b = 8; R = 30; B = 30; H = 20; L = 25$$



#### Варіант 8

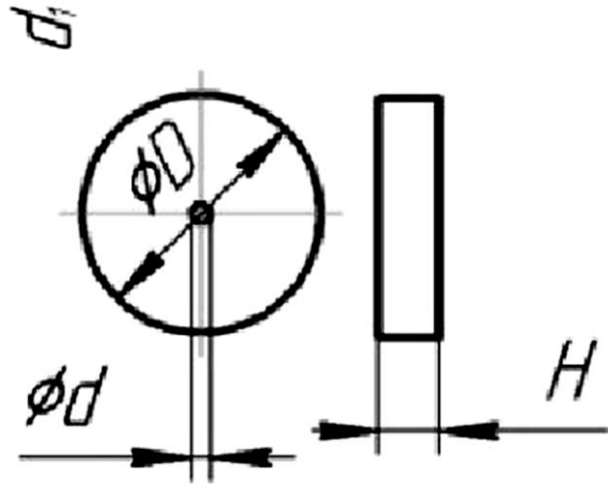
Необхідно вибрати для заданої поверхні: спосіб обробки; робоче середовище; верстат; електрод-інструмент. Оброблюваний матеріал: сталь 35Л.

$H = 20$ ;  $d_1 = 5$ ;  $d_2 = 5$ ;  
 $D = 20$ .

### Варіант 9

Необхідно вибрати для заданої поверхні: спосіб обробки; робоче середовище; верстат; електрод-інструмент. Оброблюваний матеріал: загартована сталь.

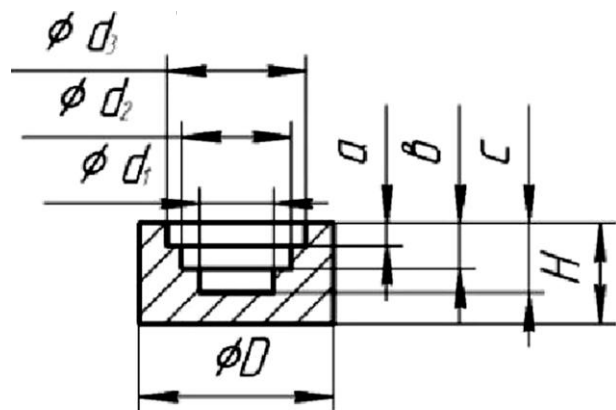
$D = 30$ ;  $d = 5$ ;  $H = 14$ .



### Варіант 10

Необхідно вибрати для заданої деталі: спосіб обробки; робоче середовище; верстат; електрод-інструмент. Оброблюваний матеріал: титановий сплав.

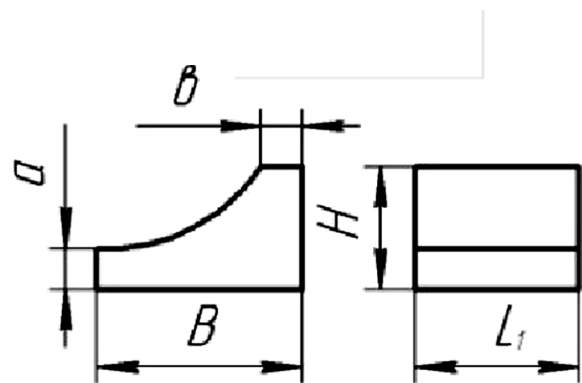
$d_1 = 10$ ;  $d_2 = 15$ ;  $d_3 = 20$ ;  $D = 20$ ;  
 $a = 5$ ;  $b = 10$ ;  $c = 15$ ;  $H = 30$ .



### Варіант 11

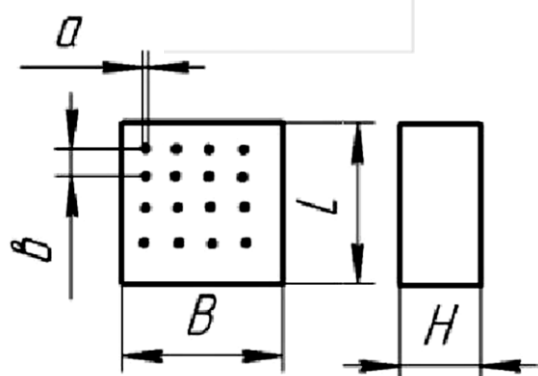
Необхідно вибрати для заданої деталі: спосіб обробки; робоче середовище; верстат; електрод-інструмент. Оброблюваний матеріал: твердий сплав.

$a = 5$ ;  $b = 5$ ;  $R = 30$ ;  
 $B = 25$ ;  $H = 15$ ;  $L = 20$



### Варіант 12

Необхідно вибрати для заданої деталі: спосіб обробки; робоче середовище; верстат; електрод-інструмент. Оброблюваний матеріал: загартована сталь.



$$a = 0.2; b = 4; L = 20$$

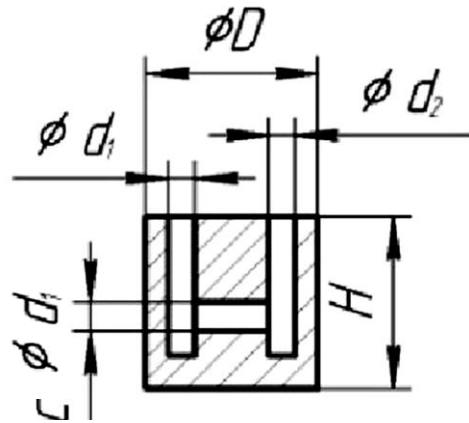
$$B = 20; H = 10$$

### Варіант 13

Необхідно вибрати для заданої деталі: спосіб обробки; робоче середовище; верстат; електрод-інструмент. Оброблюваний матеріал: загартована сталь.

$$H = 20; d_1 = 5; d_2 = 5;$$

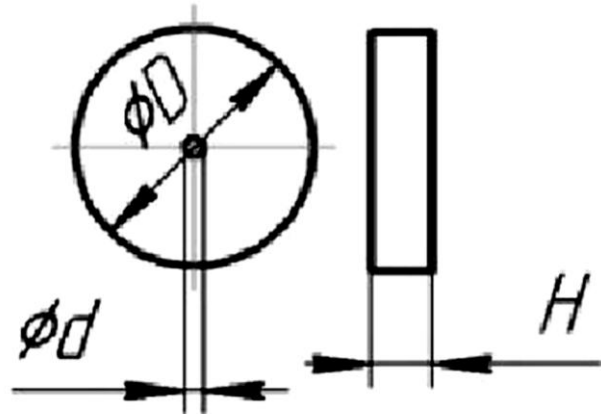
$$D = 20$$



### Варіант 14

Необхідно вибрати для заданої деталі: спосіб обробки; робоче середовище; верстат; електрод-інструмент. Оброблюваний матеріал – скло.

$$D = 15; d = 0.5; H = 5.$$



### Порядок проведення модульної

### контрольної роботи

Модульна контрольна робота проводиться у два етапи (45 хв. - кожна) - в середині семестру і перед його закінченням. Відповідно, перша робота складається з трьох теоретичних питань розділів 1,2,3 і практичного завдання (задачі).

Друга робота складається з трьох теоретичних питань розділів 4-7 і практичного завдання (задачі).