



## Процеси і технології формоутворення. Курсовий проект Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	131 Прикладна механіка
Освітня програма	Технології машинобудування
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	очна(денна)/очна(вечірня)/дистанційна/змішана
Рік підготовки, семестр	весняний семестр
Обсяг дисципліни	1,5 кредитів (всього загальний)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік
Розклад занять	<a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a>
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н., проф. Воронцов Б.С., <a href="mailto:voronts@gmail.com">voronts@gmail.com</a> Практичні: д.т.н., проф. Воронцов Б.С., <a href="mailto:voronts@gmail.com">voronts@gmail.com</a>
Розміщення курсу	<a href="https://classroom.google.com/">https://classroom.google.com/</a>

### Програма навчальної дисципліни

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

Навчальний кредитний модуль є складовою дисципліни «Процеси і технології формоутворення» і належить до циклу дисциплін професійної та практичної підготовки магістрів за освітньою програмою Технології машинобудування.

Предметом дисципліни «Курсовий проект з процесів і технологій формоутворення» є практичне використання студентами основних закономірностей та типових алгоритмів проектування технологічних процесів виготовлення складнопрофільних виробів спеціального призначення і з важкооброблюваних матеріалів при вирішенні завдань технологічного підготовки виробництва конкретних деталей, передбачених завданням на курсовий проект або безпосередньо для умов реального машинобудівного виробництва.

Зміст дисципліни сформовано за умови, що студенти, які навчаються за напрямом підготовки вивчають окремо такі навчальні дисципліни: «Технологія конструкційних матеріалів», «Проектування та виробництво заготовок», «Різальний інструмент», «Теорія різання», «Обладнання та транспорт механообробних цехів», «Верстати та обладнання з ЧПК», «Формоутворення поверхонь обробленням різанням», «Технологія машинобудування», «Технологічна оснастка», «Програмування верстатів з ЧПК», «Термообробка та покриття», «Електро-фізико-хімічні методи обробки», «Адитивні технології», «Управління процесами різання», які доповнюють практичні вміння спеціаліста.

**Метою** кредитного модуля «Курсовий проект з процесів і технологій формоутворення» є формування у студентів здібностей до розробки технологічних процесів виготовлення складнопрофільних виробів спеціального призначення і з важкооброблюваних матеріалів, за умови забезпечення заданої продуктивності та з мінімальними матеріальними витратами. Також студент зможе професійно: розробляти нові процеси формоутворення поверхонь виробів і

ефективно експлуатувати сучасне технологічне обладнання для механічної обробки виробів, зокрема верстати з ЧПУ; проектувати процеси формоутворення складнопрофільних виробів на верстатах з ЧПУ, тобто вирішувати задачу визначення траєкторії руху інструмента відносно заготовки з адаптивною подачею інструмента.

У курсовому проєкті студент самостійно виконує частину технологічного підготовлення виробництва деталі підвищеної складності в області технологічного забезпечення машинобудівних виробництв, які застосовують широкий спектр видів як субтрактивної обробки виробів, так і їх адитивного виготовлення, або власне формування матеріалу, які затребувані у світовій економіці. Враховуючи навчальний характер курсового проектування, завдання на проектування визначається відповідними методичними вказівками, які вміщують кресленики навчальних деталей. В окремих випадках, з метою залучення студентів до вирішення реальних виробничих задач, завдання для курсового проектування можуть складати кресленики реальних деталей або складальних одиниць, для яких необхідно виконати технологічне підготовлення виробництва для умов конкретного підприємства. Студенти виконують курсовий проєкт за індивідуальними завданнями.

**Основні завдання навчальної дисципліни:** згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають отримати наступні програмні компетенції:

**Фахові компетенції**

ФК1 Здатність визначати раціональні схеми формоутворення складнопрофільних деталей машин і з важкооброблюваних матеріалів, основних принципів побудови технологічних процесів виготовлення таких деталей.

ФК2 Здатність визначити раціональний спосіб отримання заготовки.

ФК3 Здатність до проектування маршрутних технологічних процесів обробки складнопрофільних деталей машин та їх оптимізація.

ФК4 Здатність до проектування змісту технологічних операцій, що виконуються на окремих верстатах, включаючи і верстати з ЧПУ.

ФК5 Здатність визначити раціональні типи технологічного обладнання й інструменту для виготовлення деталей заданої форми.

ФК6 Здатність визначити раціональні припуски, режими обробки й спроектувати відповідне оснащення.

ФК7 Здатність створювати нові технічні об'єкти машинобудування з урахуванням принципів дизайну та ергономіки.

**Та продемонструвати такі програмні результати навчання:**

РН 1 Аналіз вхідних даних для розробки технологічного процесу виготовлення складнопрофільних виробів і з важкооброблюваних матеріалів; користування довідковою літературою та комп'ютерними засобами інформації.

РН 2 Володіння методиками та засобами дослідження та вдосконалення технологічних процесів виготовлення виробів для забезпечення високих характеристик якості обробки та зменшення матеріальних витрат.

РН 3 Формулювання технічних завдань на розробку технологічних процесів виготовлення деталей.

РН 4 Самостійне прийняття рішень стосовно застосування різних методів та підходів для вдосконалення існуючих технологічних процесів обробки спеціальних деталей.

РН 5 Визначення характеристик заготовки, вибору інструмента, розрахунку припусків, режимів механічної обробки, проектування технологічних пристроїв, заповнення маршрутних та операційних технологічних карток.

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

Для вивчення даної дисципліни необхідно вивчити наступні дисципліни: «Технологія конструкційних матеріалів», «Проектування та виробництво заготовок», «Різальний інструмент»,

«Теорія різання», «Обладнання та транспорт механообробних цехів», «Верстати та обладнання з ЧПК», «Формоутворення поверхонь обробленням різанням», «Технологія машинобудування», «Технологічна оснастка», «Програмування верстатів з ЧПК», «Термообробка та покриття», «Електро-фізико-хімічні методи обробки», «Адитивні технології», «Управління процесами різання».

Ця дисципліна є однією із базових дисциплін для опанування другого рівня освітньої програми для здобуття ступеня магістра за спеціальністю "Прикладна механіка" та оволодіння сучасної професії інженера-технолога машинобудівного виробництва.

### 3. Зміст навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість (кредитів) годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні	Лабораторні	СРС
<b>Розділ 1. Сучасний підхід до оцінки геометричної структури обробленої поверхні.</b>					
Тема 1.1. Сучасний підхід до оцінки геометричної структури обробленої поверхні	2				2
Разом за розділом 1	2				2
<b>Розділ 2. Оброблюваність різанням аерокосмічних сплавів і композитних матеріалів. Інструментальні матеріали</b>					
Тема 2.1. Оброблюваність сучасних авіакосмічних матеріалів світових виробників	2				2
Тема 2.2. Оброблюваність авіакосмічних матеріалів, виготовлених за національними стандартами	2				2
Тема 2.3. Оброблюваність полімерних і металополімерних композитів. Інструментальні матеріали	4				4
Разом за розділом 2	8				8
<b>Розділ 3. Типові технології виготовлення лопаток газотурбінних двигунів</b>					
Тема 3.1. Технології формоутворення й обробки лопаток турбіни ГТД	2				2
Тема 3.2. Методи високопродуктивного та якісного шліфування турбінних лопаток	2				2
Тема 3.3. Типова технологія виготовлення лопаток турбіни ГТД	2				2
Тема 3.4. Типова технологія виготовлення лопаток компресора ГТД	2				2
Тема 3.5. Групові технології і автоматизоване виробництво лопаток	2				2
Тема 3.6. Технологічні методи підвищення експлуатаційних властивостей деталей ГТД	3				3
Разом за розділом 3	15				15

Розділ 4. Технології механічної обробки деталей з керамічних матеріалів					
Тема 4.1. Класифікація, оброблюваність керамічних матеріалів, особливості призначення міжопераційних припусків	2				2
Тема 4.2. Технологія алмазної обробки прецизійних керамічних куль	4				4
Разом за розділом 4	6				6
Розділ 5. Концепція та технології надточної механічної обробки					
Тема 5.1. Концепція та загальна характеристика технологій надточної механічної обробки	2				2
Тема 5.2. Типові технології надточної механічної обробки	4				4
Разом за розділом 5	6				6
Розділ 6. Технологічне забезпечення механічного оброблення складно-профільних поверхонь виробів на верстатах з ЧПУ					
Тема 6.1. Технологічне забезпечення шліфування калібрів станів ХПТ.	2				2
Тема 6.2. Технологічне забезпечення шліфування оправок станів ХПТ.	2				2
Тема 6.3. Технологічне забезпечення шліфування гвинтової канавки гайки гвинтової передачі кочення.	2				2
Тема 6.4. Технологічне забезпечення механічного оброблення складно-профільних імплантатів.	2				2
Разом за розділом 6	8				8
Всього годин	45				45

Курсовий проєкт з процесів і технологій формоутворення складається з двох частин: текстової та графічної.

**Текстова частина проєкту** викладається українською мовою і в середньому складає для курсового проєкту 40-60 сторінок машинописного тексту. Вона повинна містити систематизоване викладення усіх етапів вирішення типових технологічних завдань у відповідності до стандарту, що регламентує загальні правила розроблення технологічних процесів.

У текстовій частині проєкту необхідно навести обґрунтоване вирішення усіх технологічних завдань з повними поясненнями методики, яка використовується для вирішення типових технологічних завдань, необхідними розрахунковими схемами, схемами базування, технологічними ескізами та іншими необхідними ілюстративними матеріалами. Крім того у текстовій частині подається інформація, щодо проєктування верстатних пристроїв - обґрунтування, пояснення прийнятих рішень, розрахункові схеми та розрахунки затискної системи, оцінка забезпечення заданої точності розмірів та інші.

Текстова частина повинна бути оформлена у відповідності до стандартів ДСТУ 3008-95. Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення.

Текстову частину необхідно надрукувати у редакторі Microsoft Word, вона повинна включити наступні складові:

- титульний аркуш;

- завдання ;
- анотацію (одна сторінка формату А4);
- зміст з обов'язковим зазначенням сторінок;
- розрахунково-пояснювальну частину;
- список літератури;
- додатки.

Практикою виконання курсових проектів встановлені основні вимоги до кожної складової текстової частини, яких необхідно дотримуватись при їх практичному виконанні.

**Титульний аркуш та завдання** встановленого зразка повинні бути повністю оформленими та обов'язково підписаними студентом і керівником курсового проекту.

**Анотація курсового проекту** повинна коротко презентувати зміст виконаної роботи, надавати відомості про обсяг роботи, кількість ілюстрацій, таблиць, додатків та джерел використаної літератури, перелік ключових слів (словосполучень), що є найістотнішими для розкриття суті роботи і які друкуються курсивом у називному відмінку.

**Зміст** текстової частини, який подається на наступному після анотації аркуші, повинен включати: вступ, найменування всіх розділів, підрозділів, пунктів основної частини роботи, список літератури, найменування додатків та обов'язковим зазначенням сторінок, де розміщуються відповідні матеріали.

**Розрахунково-пояснювальна частина** повинна представляти структуроване за розділами систематизоване викладення результатів вирішення типових технологічних завдань, а саме:

ВСТУП

РОЗДІЛ 1. ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ повинен містити вирішення наступних основних типових технологічних завдань:

- 3-D модель деталі та робочий кресленик деталі;
- кресленик (ескіз) заготовки;
- обґрунтування вибору технологічних баз для всіх операцій технологічного процесу виготовлення деталі;
- проектування маршрутів оброблення елементарних поверхонь деталі
- проектування маршрутного технологічного процесу виготовлення деталі;
- проектування операційного технологічного процесу виготовлення деталі;
- визначення припусків для всіх обробних поверхонь заготовки;
- визначення режимів різання для виконання всіх технологічних переходів операційного технологічного процесу;
- нормування технологічних операцій виготовлення деталі;

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ повинен містити вирішення наступних основних типових завдань:

- визначення системи верстатних пристроїв та вибір пристрою для виконання заданої технологічної операції;
- проектування розрахункової схеми пристрою та визначення необхідної сили затиску заготовки;
- проектування і розрахунок сил затискної системи верстатного пристрою, визначення виду та конструкції силового механізму;
- визначення геометричних розмірів приводу пристрою та проектування компоновки пристрою, виконання розрахунків на міцність (за необхідності) окремих елементів пристрою та визначення загальної точності установки заготовки в пристрої;
- короткий опис принципу роботи пристрою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

ДОДАТКИ, які повинні містити наступні матеріали:

- операційний технологічний процес на стандартних бланках технологічної документації з комплектом карт ескізів;
- маршрутний технологічний процес на стандартних бланках технологічної документації;
- специфікації верстатних пристроїв, за необхідності;
- результати наукових досліджень, при їх наявності.

Кожний розділ повинен представляти результати розрахунків та необхідні пояснення, які викладаються у послідовності вирішення завдань; проектування розрахункової схеми, визначення необхідних математичних залежностей, таблиці та алгоритми вирішення конкретних завдань.

**Список літератури** повинен включати тільки той перелік найменувань, на які є посилання в тексті та складений в алфавітному порядку з вихідними даними, що передбачаються державними стандартами України (ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання: - чинний з 2007-01-01. -К.: Держспоживстандарт України, 2007.-47с.).

**ГРАФІЧНА ЧАСТИНА курсового проекту** виконується, як правило, на 4-х аркушах формату А1 (ГОСТ 2.301-68).

На одному аркуші креслеників подають 3-D моделі деталі та заготовки, робочий кресленик деталі. Один чи два аркуші креслеників представляють схеми технологічних установок або технологічних налагоджень для автоматичного обладнання. Один чи два аркуші представляють складальні кресленики технологічних пристроїв, які забезпечують реалізацію технологічного процесу.

Допускається включення в курсовий проект результатів наукових досліджень студента без збільшення загального об'єму проекту. У такому випадку необхідно залишити два аркуші креслеників-перший для схем технологічних установок, а другий для складального кресленика технологічного пристрою. Два інших аркуші креслеників використовуються для представлення результатів досліджень.

Зміст та обсяг розрахунково-пояснювальної і графічної частини, за узгодженням з керівником, та з урахуванням поточної політики кафедри, щодо змісту та обсягів проектів, можуть мати відмінності від представлених нижче орієнтованих варіантів.

- **На першому аркуші** креслеників подають 3-D моделі деталі та заготовки, робочий кресленик деталі та заготовки.
- **На другому аркуші** необхідно подати схеми виконання окремих технологічних операцій оброблення або всього технологічного процесу за умов його незначного обсягу. В окремих випадках можуть подаватись технологічні налагодження для автоматичного верстатного обладнання.
- **На двох наступних аркушах** подають складальні кресленики верстатних пристроїв, які забезпечують реалізацію запроєктованого технологічного процесу. Окрім верстатних пристроїв можуть розроблятися інструментальні та контрольні пристрої, засоби автоматизованого завантаження заготовок та інші засоби автоматизації технологічних процесів.

Всі кресленики рекомендується виконувати із застосуванням автоматизованих пакетів, наприклад ACAD, Solid Works та інших з дотриманням вимог державних стандартів, підписувати студенту та керівнику курсового проекту.

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

Зазначається: базова (підручники, навчальні посібники) та додаткова (монографії, статті, документи, електронні ресурси) література, яку потрібно прочитати або використовувати для опанування дисципліни.

##### **Базова література**

1. Петраков Ю. В. Технології виготовлення деталей складної форми. Частина 1 [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Ю. В. Петраков, С. В. Сохань,

- В. К. Фролов, В. М. Кореньков. – Електронні текстові данні (1 файл: 10,2 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 288 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/36526>
2. Петраков Ю. В. Технології виготовлення деталей складної форми. Частина 2 [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми «Технології машинобудування» та освітньо-наукової програми «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Ю. В. Петраков, С. В. Сохань, В. К. Фролов, В. М. Кореньков. – Електронні текстові данні (1 файл: 4,02 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. –102 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/36526>
  3. Равська Н. С. Основи формоутворення поверхонь при механічній обробці / Н. С. Равська, П. П. Мельничук, Т. П. Ніколаєнко., О. А. Охріменко. – К.: Вид. СКД-Друк, 2013. – 215 с.
  4. Новиков Ф. В. Оптимальные решения в технологии машиностроения: монография / Ф. В. Новиков, В. А. Жовтобрюх, В. Г. Шкурупий. – Д.: ЛИРА, 2018. – 424 с.
  5. Равська Н. С. Геометрія спряжених поверхонь / Н. С. Равська, П. Р. Родін, Т. П. Ніколаєнко, П. П. Мельничук, Г. М. Виговський. – Житомир: ЖІТІ, 2001 – 314 с.

#### **Додаткова література**

6. Баранчиков В.И. Обработка специальных материалов в машиностроении: Справочник / В. И. Баранчиков, А. С. Тарапанов, Г. А. Харламов. – М.: Машиностроение, 2002. – 264 с.
7. Полетаев В. А. Технология автоматизированной комплексной обработки лопаток турбин методами высокопроизводительного шлифования, многоцелевые шлифовальные станки и высокоструктурный абразивный инструмент для ее реализации / В. А. Полетаев, В. К. Старков, В. Н. Крылов, С. А. Рябцев и др.; под. ред. В.А. Полетаева, В.К. Старкова. – М.: Машиностроение. 2013. – 122 с.
8. Богуслаев В. А. Технология производства авиационных двигателей :Учебн. пособ. / В. А. Богуслаев, А. Я. Качан, В. К. Яценко и др.; Под ред. В. А. Богуслаева / Ч. 3: Методы обработки деталей авиационных двигателей. – 2008. – 638 с.
9. Гусев В. В. Технологическое обеспечение качества обработки изделий из технической керамики: монография / В. В. Гусев, Л. П. Калафатова. – Донецк: ГВУЗ «ДонНТУ», 2012. – 250 с.
10. Гаршин А. П. Керамика для машиностроения / А. П. Гаршин, В. М. Гропянов, Г. П. Зайцев, С. С. Семенов. – М.: Изд-во «Научтехлитиздат», 2003. – 384 с.
11. Ящерицын П. И. Технологическая наследственность в машиностроении / П. И. Ящерицын, Э. В. Рыжов, В. И. Аверченков. – Мн.: Наука и техника, 1977. – 256 с.
12. Инструменты из сверхтвердых материалов / Под ред. Н. В. Новикова и С. А. Клименко. – М.: Машиностроение, 2014. – 608 с.
13. Сверхтвердые материалы. Получение и применение: Монография в 6-и томах / Под общ. ред. Н. В. Новикова. – Том 6: Алмазно-абразивный инструмент в технологиях механообработки / Под ред. А. А. Шепелева, – Киев: ИСМ НАНУ, 2007. – 340 с.
14. High performance cutting of advanced aerospace alloys and composite materials. R. M'Saoubi, D. Axinte, S.L. Soo, Ch. Nobel, H. Attia, Gr. Kappmeyer, S. Engin, W.-M. Sim. CIRP Annals - Manufacturing Technology, Volume 64, Issue 2, 2015, Pages 557-580.
15. Abrasive machining of advanced aerospace alloys and composites. F. Klocke, S.L. Soo, B. Karpuschewski, J.A. Webster, D. Novovic, A. Elfizy, D.A. Axinte, S. Tonissen. CIRP Annals - Manufacturing Technology, Volume 64, Issue 2, 2015, Pages 581-604.
16. Твердые сплавы – Классификация, история, назначение, сравнение <http://pobedit.com.ua/standarts/articles/43-hard-alloys/201-hard-alloys-classification-history-purpose-comparison.html>.
17. Wear of a Diamond Wheel during Grinding of Ceramic Balls Made of Silicon Carbide. Sokhan', S.V., Voznyy, V.V., Redkin A.V. at all. Journal of Superhard Materials, (2020) 42(6), 432–442.
18. Мубаракшин Р. М. Оптимизация вариантов технологий и методов шлифования лопаток газотурбинных двигателей / Р. М. Мубаракшин // Технология машиностроения 2018 № 2 С. 10-19.

19. Полетаев В. А. Глубинное шлифование лопаток турбин. Библиотека технолога / В. А. Полетаев, Д. И. Волков. – М.: Машиностроение, 2009. – 272 с.
20. Порошин В.В. Основы комплексного контроля топографии поверхности деталей: Монография / В.В. Порошин. – М.: Машиностроение-1, 2007. – 196 с.
21. Manufacturing technologies toward extreme precision. Zhang Z., Yan J., Kuriyagawa T./ Int. J. Extrem. Manuf. 1 (2019) 022001 (22pp).
22. Review on the progress of ultra-precision machining technologies. Yuan J., Lyu B., Hang W., Deng Q. Front. Mech. Eng. 2017, 12(2): 158–180.
23. Ларшин В. П. Профильное шлифование зубчатых колес высокопористыми абразивными кругами / В. П. Ларшин, Н. В. Лищенко, С. В. Рябченко, В. В. Нежебовский, Г. В. Середа // Оборудование и инструмент для профессионалов 2016 №5 С. 20-23.
24. Changing the Performance of Diamond Finishing of Ceramic Balls of Boron Carbide and Silicon Nitride. Sokhan', S.V., Maystrenko A.L., Borimsky, A.I. at all. Journal of Superhard Materials, (2021) 43(2), 135–144.
25. A Review on Surface Finishing Techniques for Difficult-to-Machine Ceramics by Non-Conventional Finishing Processes / Lida Heng, Jeong Su Kim, Jun Hee Song, and Sang Don Mun / Materials 2022, 15, 1227. <https://doi.org/10.3390/ma15031227>
26. Advances in ultra-precision machining of micro-structured functional surfaces and their typical applications / Shaojian Zhang, Yuanping Zhou, Haijun Zhang, Zhiwen Xiong,\*, Suet To / International Journal of Machine Tools and Manufacture 142 (2019) 16-41.
27. ДСТУ ISO 12085-2001 Технічні вимоги до геометрії виробів (GPS). Структура поверхні. Профільний метод. Параметри структурних елементів (ISO 12085:1996, IDT).
28. ISO 4287:1997/Cor.1:1998 Geometrical product specifications (GPS). Surface texture. Profile method. Terms, definitions and surface texture parameters (1997). (Геометричні характеристики виробів (GPS). Текстура поверхні. Профільний метод. Терміни, визначення й параметри структури). Стандарт розглянуто й потім підтверджено у 2015 році.
29. ISO 4288:1996 Geometrical Product Specifications (GPS) — Surface texture: Profile method — Rules and procedures for the assessment of surface texture (1996). (Геометричні характеристики виробів (GPS). Текстура поверхні. Профільний метод – Правила та процедури оцінки текстури поверхні). Стандарт розглянуто й потім підтверджено у 2013 році.

## Навчальний контент

### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### 5.1.ЛЕКЦІЙНІ ЗАНЯТТЯ

Лекційні заняття при вивченні кредитного модуля «Курсовий проєкт з процесів і технологій формоутворення» не передбачені.

#### 5.2.СЕМІНАРСЬКІ ЗАНЯТТЯ

Семінарські заняття при вивченні кредитного модуля «Курсовий проєкт з процесів і технологій формоутворення» не передбачені.

#### 5.3.ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

Практичні заняття при вивченні кредитного модуля «Курсовий проєкт з процесів і технологій формоутворення» не передбачені.

#### 5.4.ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

Лабораторні роботи при вивченні кредитного модуля «Курсовий проєкт з процесів і технологій формоутворення» не передбачені.



## 5.5. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Курсовий проєкт з процесів і технологій формоутворення виконується кожним студентом самостійно, згідно з індивідуальним завданням, виданим керівником курсового проєкту.

Узагальнена тема курсового проєкту формулюється наступним чином: Проєктування технологічного процесу виготовлення «складнопрофільної деталі спеціального призначення» із «важкооброблюваних матеріалів» для умов багатомоделітного виробництва.

## 5.6. КОНТРОЛЬНІ РОБОТИ

Контрольні роботи при вивченні кредитного модуля «Курсовий проєкт з процесів і технологій формоутворення» не передбачені.

### 6. Самостійна робота студента

№ з/п	Назва теми, при підготовці до аудиторних занять	Кількість годин СРС
1	<p>Розділ 1. Сучасний підхід до оцінки геометричної структури обробленої поверхні.</p> <p>Тема 1.1. Сучасний підхід до оцінки геометричної структури поверхні (ГСП), нормативна база оцінки ГСП. Залежність експлуатаційних характеристик обробленої поверхні від геометричної структури обробленої поверхні (ГСП) й стану поверхневого шару. Зв'язок ГСП обробленої поверхні, стану поверхневого шару й технологічної спадковості. Основні поняття, терміни та визначення показників оцінки ГСП обробленої поверхні. Нормативна база оцінки ГСП. Сучасні тенденції її удосконалення. [1,16,21-23] Завдання для СРС – вивчити відповідний розділ у [1] і джерело [16].</p>	2
2	<p>Розділ 2. Оброблюваність різанням аерокосмічних сплавів і композитних матеріалів. Інструментальні матеріали.</p> <p>Тема 2.1. Оброблюваність сучасних авіакосмічних матеріалів світових виробників. Нові підходи до технологій високоефективного різання авіакосмічних сплавів і композиційних матеріалів. Три групи викликів для сучасних авіакосмічних матеріалів за оброблюваністю лезовим інструментом в останніх авіаційних програмах. Особливість поняття оцінки оброблюваності авіакосмічних матеріалів. Інструментальні матеріали застосовують для лезової обробки матеріалів для авіаційних двигунів, зокрема матеріалів на основі Ni. Особливість лезової обробки матеріалів на основі Ti для авіадвигунів. Особливість лезової обробки матеріалів на основі Ti для авіадвигунів. Ранжування за зносостійкістю, в'язкістю (стійкістю до крихкого руйнування) матеріалів на основі cBN, кераміки й карбідних матеріалів. Інструментальні матеріали для лезової обробки матеріалів корпусу літака, зокрема полімерних композитів. [1,14-15] Завдання для СРС – вивчити відповідний розділ у [1] і джерело [16].</p>	2
3	<p>Тема 2.2. Оброблюваність сучасних авіакосмічних матеріалів, виготовлених за національними стандартами. Загальна характеристика жароміцних, високоміцних і антикорозійних сталей і сплавів. Різниця в призначенні між теплостійкими, жаростійкими й жароміцними сталями. Високоміцні сталі. Класифікація (8 груп) важкооброблюваних сталей і сплавів за оброблюваністю. Загальна характеристика оброблюваності матеріалів кожної групи. [1-2] Завдання для СРС – вивчити відповідні</p>	2

	розділи у джерелах [1-2].	
4	<p>Тема 2.3. Оброблюваність полімерних і металополімерних композитів. Технології механічної обробки деталей з полімерних композиційних матеріалів (ПКМ) і металополімерних композиційних матеріалів (МПКМ) лезовим інструментом. Актуальність, особливості процесів механічної обробки деталей з ПКМ і МПКМ. Особливості процесів точіння, свердління і фрезерування. [1-2] Актуальність процесів алмазно-абразивної обробки ПКМ і МПКМ. Проблеми, які виникають під час алмазно-абразивної обробки ПКМ. Ідеологія вибору типу алмазного інструмента для обробки ПКМ. Механізм стружкоутворення під час обробки одношаровим алмазним інструментом. Технології розрізання деталей з МПКМ в вигляді листових і плиткових матеріалів. Шліфування. Свердління отворів, зенкування. [1,17]</p> <p>Тема 2.4. Інструментальні матеріали. Загальна характеристика інструментальних сталей. Інструментальні вуглецеві й леговані сталі. Інструментальні леговані сталі. Швидкорізальних сталі. Металокерамічні тверді сплави. Три групи застосовуваності твердосплавного різального інструменту. [1,12,16] Завдання для СРС – вивчити відповідні розділи у [1] і джерела [12,16].</p>	2
5	<p>Розділ 3. Типові технології виготовлення лопаток газотурбінних двигунів. Тема 3.1. Технології формоутворення й обробки лопаток турбіни ГТД. Концепція наскрізної цифрової підтримки життєвого циклу лопаток турбіни. Моделеорієнтований підхід до підготовки виробництва. Цифровий двійник технологічного процесу виготовлення лопаток турбіни. Перспективні методи одержання заготовок лопаток турбін. Технологічні рішення отримання виливків лопаток з монокристалічною структурою. Алгоритм автоматизованого знаходження оптимального просторового розподілу припуску в заготовках робочих лопаток турбіни. Критерії вибору варіантів технологій з різним ступенем концентрації операцій шліфування основних типових поверхонь лопаток. Варіант технології комплексного шліфування основних типових поверхонь лопаток. Варіант технології диференційованої обробки основних типових поверхонь лопаток. Варіанти технології обробки основних типових поверхонь лопаток застосовується у крупносерійному виробництві. особливості сучасного гнучкій виробничій осередку (ГПО) на швидко переналагоджуваній елементній базі [1,14]. Завдання для СРС – вивчити відповідний розділ у [1] і джерело [14].</p>	2
6	<p>Тема 3.2. Методи високопродуктивного та якісного шліфування турбінних лопаток. Недоліки методу VIPER шліфування турбінних лопаток. Варіант технології шліфування "ялинкового" хвостовика турбінної лопатки. Основи глибинного шліфування профільних поверхонь деталей. Сутність процесу глибинного шліфування. Необхідна умова застосування процесу глибинного шліфування профільних поверхонь виробів. Формування профілю шліфувального інструмента в процесі шліфування. Вимоги до шліфувального інструменту для глибинного шліфування. Варіанти технології шліфування бандажних полок, лабіринтів, торців пера, їх переваги й недоліки. Сутність багатокординатного глибинного шліфування турбінних лопаток. [1,3,14-15,19] Завдання для СРС – вивчити відповідні розділи у [1,3] і джерела [14-15,19].</p>	2
7	<p>Тема 3.3. Типова технологія виготовлення лопаток турбіни ГТД. Головні чинники впливу на побудову технології виготовлення лопаток ротора</p>	2

	турбіни. Метод одержання заготовок лопаток турбін. Пристрої-супутники під час обробки турбінних лопаток. Застосування методу глибинного шліфування для утворення зубів ялинкового профілю лопаток турбін по цілому. Процес високошвидкісного шліфування під час обробки турбінних лопаток. [1,3,15,19] Завдання для СРС – вивчити відповідні розділи у [1,3] і джерела [15,19].	
8	Тема 3.4. Типова технологія виготовлення лопаток компресора ГТД. Метод одержання заготовок лопаток компресорів. Три технології виготовлення профільної поверхні лопаток. Основи високошвидкісної механічної обробки деталей, високошвидкісне фрезерування лопаток компресора ГТД. Сутність процесу високошвидкісної механічної обробки деталей. Необхідна умова високошвидкісного фрезерування профільної поверхні лопаток компресора. Чотири основні вимоги до різального інструменту для високошвидкісного фрезерування лопаток компресорів. Забезпечення рівномірності припуску з боку спинки, корита й прикомлевих ділянок. Процеси викінчувальної обробки лопаток компресорів. [1,3] Завдання для СРС – вивчити відповідні розділи у джерелах [1,3].	2
9	Тема 3.5. Групові технології і автоматизоване виробництво лопаток. Переваги застосування групової технології виробництва лопаток ГТД. Основний принцип побудови групової технології виробництва лопаток ГТД. Сутність вертикальної і горизонтальної будови технологічної бази даних для групової технології. Три основні технологічні принципи автоматизованого виробництва лопаток ГТД. Головний ефект від переносу операцій зміни баз (від заготівельних баз лопаток до баз для механічної обробки) на п'ятиосьові фрезерні центри з ЧПУ. Перехід від баз, створених для обробки проточної частини лопаток до баз для обробки хвостовиків. [1,3]	2
10	Тема 3.6. Технологічні методи підвищення експлуатаційних властивостей деталей ГТД. Фактори механічної обробки і експлуатації, що впливають на несучу здатність лопаток компресора. Методи механічної обробки, які застосовують для підвищення несучої здатності лопаток. Алмазне вигладжування тонкостінних валів. Вплив алмазного вигладжування на деталі, які працюють при підвищених температурах, опір контактній втомленості деталей, зносостійкість відновлених поверхонь, азотованих деталей і титанових сплавів. Алмазне вигладжування полотна дисків компресора. Ультразвукове зміцнення деталей ГТД сталевими кулями, пневмо- і гідродробострумне зміцнення. Вібробробка лопаток компресора. Магнітно-абразивне полірування деталей ГТД. Пневмоімпульсна обробка тонкостінних валів ГТД. Зміцнення валів ГТД пневмороторним методом. Турбоабразивна обробка деталей ГТД. [1,4] Завдання для СРС – вивчити відповідні розділи у джерелах [1,4].	3
11	Розділ 4. Технології механічної обробки деталей з керамічних матеріалів. Тема 4.1. Класифікація, оброблюваність керамічних матеріалів, особливості призначення між операційних припусків. Технічна кераміка (ТК), різновиди: кераміка чистих оксидів, карбідна, нітридна, пірокерами або ситали. Галузі застосування ТК. Критерії крихкості керамічних матеріалів. Оброблюваність ТК. Основний метод одержання високоточних поверхонь деталей із ТК. Загальне пошкодження керамічної деталі після шліфування, критерій загального пошкодження. Раціональний вибір режимів механічних і фізико-хімічних методів	2

	<p>оброблення ТК.</p> <p>Особливості процесів шліфування керамічних деталей. Математична модель процесу шліфування керамічних деталей. Вплив схеми шліфування, режимів, характеристик, різальної здатності, зносу алмазного інструмента на дефектність обробленої поверхні. Принцип раціонального перерозподілу припуску між операціями обробки для видалення поверхневого зруйнованого шару, що залишився після чорнового шліфування. [1,5] Завдання для СРС – вивчити відповідні розділи у джерелах [1,5].</p>	
12	<p>Тема 4.2. Технологія алмазної обробки прецизійних керамічних куль.</p> <p>Технологія, обладнання і методи алмазно-абразивної обробки деталей типу «куля» з конструкційної кераміки. Основні закономірності процесу. Показники продуктивності і якості обробки. [1,13,17,20] Завдання для СРС – вивчити відповідні розділи у [1,13] і джерела [17,20].</p>	4
13	<p>Розділ 5. Концепція та технології надточної механічної обробки.</p> <p>Тема 5.1. Концепція та загальна характеристика технологій надточної механічної обробки. Діаграма Танігучі для прогнозування розвитку досяжної точності обробки з часом. Напрацювання з технологій надточної механічної обробки, особливо надточного лезового різання, надточного шліфування, детермінованого полірування для корекції форми та надгладкого полірування і порівняння із розумінням їх принципів, методологій та застосувань. Вдосконалення та нові виклики у виробництві великоапертурних, надзвичайно точних та надгладких асферичних оптичних поверхонь, таких як EUV-літографія, вимагають обробляти поверхні дзеркал EUV до шорсткості на рівні субангстрему. [17-18] Завдання для СРС – вивчити відповідні джерела [17-18].</p>	2
14	<p>Тема 5.2. Типові технології надточної механічної обробки: 1) надточне різання, 2) надточне шліфування, 3) надточне полірування – може бути для корекції форми або для отримання надгладкої поверхні, та 4) нетрадиційна надточна обробка (наприклад, лазерна контурна обробка та іонно-плазмова контурна обробка). [ 17-18] Завдання для СРС – вивчити відповідні джерела [17-18].</p>	4
15	<p>Розділ 6. Технологічне забезпечення механічного оброблення складно-профільних поверхонь виробів на верстатах з ЧПУ.</p> <p>Тема 6.1. Технологічне забезпечення шліфування калібрів станів ХПТ. Особливості шліфування профілю канавок калібрів станів холодної прокатки труб (ХПТ) на спеціальному шліфувальному верстаті з ЧПК. Математична модель процесу формотворення профілю канавки шліфуванням: методика представлення геометричних моделей робочої поверхні калібру у тривимірних цифрових масивах, алгоритм моделювання процесу шліфування. Стратегія зрізання припуску. Керуюча програма у відповідності до вибраної стратегії зрізання припуску. [1] Завдання для СРС – вивчити відповідне джерело [1].</p>	2
16	<p>Тема 6.2. Технологічне забезпечення шліфування оправок станів ХПТ. Особливості виготовлення деталей малої жорсткості. Шліфування оправок станів ХПТ з криволінійною твірною на круглошліфувальному верстаті. Конструкції люнетів. Математична модель процесу формотворення робочої поверхні оправки шліфувальним кругом у формі тора. Математична модель геометричної взаємодії шліфувального круга з поверхнею заготовки. Визначення зміни швидкості зрізування припуску за повздовжньою координатою. Алгоритм управління режимом різання</p>	2

	при шліфуванні робочої поверхні оправок. [1] Завдання для СРС – вивчити відповідне джерело [1].	
17	Тема 6.3. Технологічне забезпечення шліфування гвинтової канавки гайки гвинтової передачі кочення. Особливості шліфування канавок гайок гвинтових пар кочення. Накатування гвинтів для гвинтових передач кочення. Розробка математичної моделі процесу формотворення. Особливості контролю якості під час виготовлення гвинтових передач кочення. [1] Завдання для СРС – вивчити відповідне джерело [1].	2
18	Тема 6.4. Технологічне забезпечення механічного оброблення складно-профільних імплантатів. Недоліки універсальних САМ-систем і необхідність створення спеціальної управляючої програми для виготовлення робочої поверхні протезів колінних суглобів людини. Технологічні схеми формотворення робочої поверхні протезів фрезеруванням, шліфуванням. Математичні моделі формотворення. Алгоритми автоматичного вибору стратегії формотворення. Модуль САМ систем автоматизованого програмування верстатів з ЧПК. [1] Завдання для СРС – вивчити відповідне джерело [1].	2

## Політика та контроль

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

- правила відвідування занять (як лекцій, так і практичних/лабораторних) регламентується: «Положення про організацію освітнього процесу в КПІ ім. Ігоря Сікорського» <https://osvita.kpi.ua/node/39>; «Положення про систему внутрішнього забезпечення якості вищої освіти в КПІ ім. Ігоря Сікорського» <https://osvita.kpi.ua/node/121>;
- правила поведінки на заняттях (активність, підготовка коротких доповідей чи текстів, відключення телефонів, використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача чи в інтернеті тощо) регламентується «Положення про організацію освітнього процесу в КПІ ім. Ігоря Сікорського» <https://osvita.kpi.ua/node/39>, ;
- правила захисту лабораторних робіт; кожен студент особисто здає лабораторні роботи;
- правила захисту індивідуальних завдань; кожен студент особисто здає індивідуальні роботи ;
- у даному кредитному модулі наявні тільки заохочувальні бали, які студент може отримати на добровільній основі виконуючі певний перелік додаткових завдань пов'язаних з тематикою кредитного модуля;
- політика дедлайнів та перескладань, регламентується «Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського» <https://osvita.kpi.ua/node/32>, «Положення про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського» <https://osvita.kpi.ua/node/37> ;
- політика щодо академічної доброчесності регламентується «Положення про систему запобігання академічного плагіату в КПІ ім. Ігоря Сікорського» <https://osvita.kpi.ua/node/47>; положенням «Положення про вирішення конфліктних ситуацій в КПІ ім. Ігоря Сікорського» [https://osvita.kpi.ua/2020\\_7-170](https://osvita.kpi.ua/2020_7-170);

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

Поточний контроль: експрес-оцінювання за якістю та повнотою виконання завдань.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за виконання індивідуального завдання, семестровий рейтинг більше 30 балів.

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

Таблиця 8.1.

Семестр	Всього годин	Розподіл годин за видами занять						Кількість МКР	Вид інд. завд.	Семестрова атестація
		Лекції	Практичні заняття	Семінари	Лабораторні роботи	Комп' ют. практикум	СРС			
2 семестр	45	-	-	-	-	-	45	-		Залік
Всього	45	-	-	-	-	-	45	-		Залік

### 8.1. Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

Для оцінювання рівня засвоєння кредитного модуля застосовується рейтингова система. Підсумковий рейтинг успішності студента з кредитного модуля «Курсовий проект з процесів і технологій формоутворення» складається з балів, які він отримує за виконання, передбачених навчальним планом, таких контрольних заходів:

- 1) самостійної роботи студента по виконанню індивідуальних завдань з курсового проекту;
- 2) залік (захист курсового проекту);

Шкала оцінювання – загальноуніверситетська. Оцінювання виконання індивідуальних завдань з курсового проекту проводиться за критеріями правильності та повноти виконання завдань.

Рейтингова шкала з кредитного модуля «Курсовий проект з процесів і технологій формоутворення» розраховується як сума балів по виконанню індивідуальних завдань з курсового проекту протягом семестру ( $R_c=60$ ) та балів із захисту КП ( $R_z = 40$ ):

$$R = R_c + R_z = 60 + 40 = 100 \text{ балів}$$

Самостійна робота студента по виконанню завдань курсового проекту, враховуючи дві практично рівноцінні складові, текстову та графічну частини курсового проекту оцінюють сумою **30 балів** кожен, тобто загальною сумою **60 балів**.

Критерії оцінювання результатів самостійного виконання завдань курсового проекту:

**A (30 · 1 = 30) балів** - повне вичерпне виконання всіх складових завдання з застосуванням сучасних алгоритмів вирішення завдань, обґрунтованість прийнятих рішень, вимог державних стандартів та дотриманням графіку його виконання;

**В (30 · 0,9 = 27,0) балів** - виконання завдання по суті із незначними неточностями в текстовій або графічній частинах, або недостатньо якісного представлення результатів виконання, а також порушення графіку його виконання;

**С (30 · 0,8 = 24,0) бали** - виконання завдання по суті, але використані застарілі алгоритми, відсутні результати застосування сучасних систем автоматизованого проектування, допущено не суттєві помилки в текстовій або графічній частинах, порушені окремі вимоги до оформлення текстової або графічної частини, порушено графік виконання проекту;

**Д (30 · 0,7 = 21,0) бал** - виконання завдання по суті, але використані застарілі алгоритми, відсутні результати застосування сучасних систем автоматизованого проектування, прийнято не достатньо обґрунтовані рішення в текстовій або графічній частинах, порушені окремі вимоги до оформлення текстової або графічної частини, порушено графік виконання проекту, що остаточно не руйнує зміст виконання завдання;

**Е (30 · 0,6 = 18,0) балів** - виконання завдання по суті, але використані застарілі алгоритми при застосуванні яких допущені не суттєві помилки, відсутні результати застосування сучасних систем автоматизованого проектування, прийнято не обґрунтовані рішення в текстовій або графічній частинах, порушені окремі вимоги до оформлення текстової або графічної частини, порушено графік виконання проекту, що остаточно не руйнує зміст виконання завдання;

**Fx (0 балів)** - при виконанні роботи допущено принципові помилки в текстовій або графічній частинах, що остаточно руйнує суть виконання завдання.

Другу частину оцінки курсового проекту складає його захист, який оцінюється загальною сумою **40 балів**.

У процесі захисту курсового проекту оцінюються такі складові:

- ступінь володіння матеріалом курсового проекту та якістю його презентації має відмінну оцінку в **10 балів**;
- ступінь обґрунтованості прийнятих рішень та повнота вирішення технологічних і конструкторських завдань має відмінну оцінку в **20 балів**;
- вміння захищати свою думку та прийняті рішення має відмінну оцінку в **10 балів**.

Сума балів двох складових переводиться до залікової оцінки згідно з таблицею відповідності.

#### **Заохочувальні бали за:**

• участь у модернізації практичних, розрахунково-графічних робіт, тестів, розробка презентацій лекційних занять, у тому числі іноземною мовою, може бути відзначено додатковими балами від «+5» до «+10».

Для студентів, які за виконання завдань курсового проекту отримали не менш ніж **0,9Rc (54,0 бали)** за згодою студента, викладач має право для визначення семестрової оцінки додати рейтинг захисту, що розраховується за формулою:

$$R_e = 40 \frac{(R_c)_\Phi}{60},$$

де  $(R_c)_\Phi$  - фактичний рейтинг студента за виконання завдань курсового проекту.

Таким чином, студенти, які регулярно та наполегливо виконують поточні завдання, мають право за пропозицією викладача без захисту (за згодою студента) одержати відповідну оцінку за затвердженою шкалою (таблиця відповідності).

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

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

- перелік питань, які виносяться на семестровий контроль (наприклад, як додаток до силабусу);
- можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою;
- інша інформація для студентів/аспірантів щодо особливостей опанування навчальної дисципліни.
- 

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

**Складено** професор кафедри технології машинобудування, д.т.н., проф. Воронцов Б.С.

**Ухвалено** кафедрою технології машинобудування (протокол № 16 від 02.07.2024)

**Погоджено** Методичною комісією НН ММІ<sup>1</sup> (протокол № 1 від 30.08.2024)

---

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