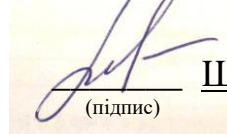


Міністерство освіти і науки України  
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедри: Композитних конструкцій та авіаційного матеріалознавства (№ 403)  
Технологій виробництва авіаційних двигунів (№ 204)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Голова НМК 1



Шевцова М.А.  
ніціали та прізвище

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ  
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Системи технічної підготовки виробництва АРКТ  
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 13 Механічна інженерія  
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка  
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: усі освітні програми за спеціальністю  
(найменування освітньої програми)

**Форма навчання: денна**

**Рівень вищої освіти: другий (магістерський)**

**Харків 2021 рік**

Робоча програма Системи технічної підготовки виробництва АРКТ

(назва дисципліни)

для студентів за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка за всіма освітніми програмами

« 26 » 06 2021 р., – 12 с.

Розробники: Шевцова М.А., доцент, к.т.н.

(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)

(підпис)

Зорік І.В. доцент

(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)

(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри 403

Композитних конструкцій та авіаційного матеріалознавства

(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 28 » серпня 2021 р.

Завідувач кафедри доцент, к.т.н.

(науковий ступінь і вчене звання)

Шевцова М.А.,

(ініціали та прізвище)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри 204

Технологій виробництва авіаційних двигунів

(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 28 » 2021 р.

Завідувач кафедри д. т. н., професор

(науковий ступінь і вчене звання)

А.І. Долматов

(ініціали та прізвище)

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 5	<p style="text-align: center;"><b>Галузь знань</b>  <u>13 Механічна інженерія</u>  <small>(шифр і найменування)</small></p> <p style="text-align: center;"><b>Спеціальність</b>  <u>134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка</u>  <small>(код і найменування)</small></p> <p style="text-align: center;"><b>Освітня програма</b>  <u>усі</u>  <small>(найменування)</small></p> <p style="text-align: center;"><b>Рівень вищої освіти:</b>                      другий (магістерський)</p>	Цикл загальнопрофесійної підготовки
Кількість модулів – 2		<b>Навчальний рік</b>
Кількість змістовних модулів – 2		2021/2022
Індивідуальне завдання <u>немає</u> <small>(назва)</small>		<b>Семестр</b>  2-й
Загальна кількість годин – 64*/86		<b>Лекції*</b>  32 годин
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 64 самостійної роботи студента – 86		<b>Практичні, семінарські*</b>  годин
		<b>Лабораторні*</b>  32 годин
		<b>Самостійна робота</b>  86 годин
		<b>Вид контролю</b>
		модульний контроль, іспит

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 64/86

\*Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину залежно від розкладу занять.

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета вивчення:** підготовка фахівців здатних розробляти конструкції авіаційної та ракетно-космічної техніки з застосуванням новітніх способів виробництва. Вивчення комплексу інформаційних технологій і систем технічної і технологічної підготовки виробництва виробів що є глобальним напрямком удосконалення світового виробництва авіаційної та ракетно-космічної техніки (АРКТ).

**Завдання:** засвоєння системи технічної підготовки новітніх способів виробництва авіаційної та ракетно-космічної техніки (АРКТ).

1. **Результати навчання:** У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

*знати:*

- загальні основи технічної підготовки виробництва;
- планування мереж підготовки виробництва;
- функції ERP-систем та MRP-систем;
- можливості застосування інформаційних технологій для проектування керуючих програм для верстатів з числовим програмним управлінням;
- види адитивних технологій (АТ);
- вплив типу АТ на конструктивне рішення (КР);
- основні етапи побудови процесу 3Д друку;
- параметри процесу і їх вплив на реалізацію КР;
- можливості розвитку адитивних технологій і їх використання в АРКТ;

*вміти:*

- проводити планування технічної підготовки виробництва;
- розробляти мережевий графік технічної підготовки виробництва нового виробу;
- розробляти керуючі програми для металорізальних верстатів з ЧПК з урахуванням специфіки виготовлення
  - будувати слайсову модель;
  - обирати режим друку;
  - працювати на 3Д принтері і друкувати полімерні моделі;
  - оцінювати якість 3Д друку і пропонувати способи її поліпшення.

**Міждисциплінарні зв'язки:** вища математика, інженерна та комп'ютерна графіка, взаємозамінність та стандартизація, деталі машин та основи конструювання, методи і параметри формоутворення поверхонь, курси 3Д моделювання, матеріалознавство, проектування АРКТ.

### 3. Програма навчальної дисципліни

**Модуль 1. Технічна підготовка виробництва при створення і освоєння нової техніки**

**Тема 1. Основи технічної підготовки виробництва (ТПВ).** Характеристика ТПВ. Поняття системи створення і освоєння нової техніки. Наукова підготовка виробництва (НПВ).

**Тема 2 Загальні складові технічної підготовки виробництва (ТПВ).** Конструкторська підготовка виробництва (КПП). Технологічна підготовка виробництва (ТПВ). Організаційна підготовка виробництва (ОПВ). Виробнича потужність. Основні норми і нормативи ТПВ. Планування ТПВ.

**Тема 3. Планування мереж підготовки виробництва.** Мережеві графіки і програмно-цільові методи. Розробка мережевого графіка технічної підготовки виробництва нового виробу. Побудова мережевого графіка на основі переліку даних робіт. Визначення очікуваної тривалості робіт. Розрахунок параметрів мережного графіка

**Тема 4. MRP- і ERP-системи.** Планування потреб в матеріалах. Еволюція MRP. Перехід від MRP до MRPII. Структура управління. Функції ERP-систем. Управління складом продукції. Технологічні маршрути. Управління витратами. Управління фінансами. Управління кадрами

**Тема 5. Базові поняття і принципи розробки технологічних операцій в середовищі SolidCam.** Визначення геометрії оброблюваної деталі для токарної фрезерної і свердлильної обробки. Створення геометрії ріжучого інструменту для обробки.

**Тема 6. Модуль високошвидкісної фрезерної обробки в середовищі SolidCam.** Визначення оброблюваної геометрії. Створення геометрії ріжучого інструменту для обробки. Визначення оптимальних режимів різання для високошвидкісної фрезерної обробки.

#### **Модульний контроль**

### **Модуль 2. Адитивні технології для створення конструкцій АРКТ**

**Тема 1. Введення в адитивні технології.** Історія розвитку. Основні характеристики процесу, вибір процесу в залежності від початкових матеріалів. Переваги адитивних технологій та їх недоліки.

**Тема 2. Реалізація АТ при конструюванні і використанні АРКТ.** Приклади застосування АТ в АРКТ. Нові можливості в КР техніки. Топологічна та структурна оптимізація конструкції і її реалізація АТ. Ризики та обмеження КР в АТ

**Тема 3. Побудова процесу 3Д друку.** Основні етапи. Вимоги для філамента при друку. Матеріал для друку і його вплив на параметри процесу 3Д друку. Проблеми при 3Д друку: реологія матеріалу і способи усунення недоліків при друку.

**Тема 4. Створення композитних конструкцій за допомогою 3Д друку.** Ефект наповнення та армування полімеру на властивості філамента та параметри друку конструкції, яка виробляється АТ. Розрахунок об'ємного вмісту наповнювача та його критичних розмірів для поліпшення властивостей філамента.

**Тема 5. Вибір параметрів процесу 3Д друку.** Параметри процесу 3Д друку і їх вплив на механічні властивості продукції, що виготовляється конструкції (анізотропія, пористість). Конструктивні та технологічні рекомендації щодо способів поліпшення конструктивно-технологічного рішення конструкції, що створюється.

**Тема 6. Майбутнє адитивних технологій.** Нові матеріали і філаменти для 3д друку конструкцій. Поліпшення можливостей обладнання: зміна параметрів процесу, застосування додаткових пристроїв, в т.ч. для діагностики якості друку.

**Модульний контроль**

**4. Структура навчальної дисципліни**

Назва змістовного модуля і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	6
<b>Модуль 1 ТПВ при створення і освоєння нової техніки</b>					
<b>Змістовний модуль 1. ТПВ при створення і освоєння нової техніки</b>					
Тема 1. Основи технічної підготовки виробництва (ТПВ)	3	2			1
Тема 2. Загальні складові технічної підготовки виробництва (ТПВ)	3	2			1
Тема 3. Планування мереж підготовки виробництва	9	2		4	3
Тема 4. MRP- і ERP-системи	5	2			3
Тема 5. Базові поняття і принципи розробки технологічних операцій в середовищі SolidCam	15	4		6	5
Тема 6 Модуль високошвидкісної фрезерної обробки в середовищі SolidCam	13	4		4	5
<b>Модульний контроль</b>	12			2	10
Разом за змістовним модулем 1	60	16		16	28
<b>Змістовний модуль 2. Адитивні технології для створення конструкцій АРКТ</b>					
Тема 1. Введення в адитивні технології.	6	2		2	2
Тема 2. Реалізація АТ при конструюванні і використанні АРКТ	6	2			4
Тема 3. Побудова процесу 3Д друку	22	4		8	10
Тема 4. Створення композитних конструкцій за допомогою 3Д друку	20	2			18
Тема 5. Вибір параметрів процесу 3Д друку	18	4		4	10
Тема 6. Майбутнє адитивних технологій	6	2			4

<b>Модульний контроль</b>	12			2	10
Разом за змістовним модулем 2	90	16		16	58
Усього годин	150	32		32	86

### 6. Теми практичних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
	<b>Разом</b>	

### 7. Теми лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Розробка мережевих графіків виробничого процесу	4
2	Побудова 3Д моделі. Проектування УП з використанням різних стратегій обробки з вибором необхідного ріжучого інструмента, призначенням режимів різання, завданням необхідних площини безпеки, визначення місця розташування затискних пристосувань в разі потреби.	6
3	Проектування УП та визначення оптимальних режимів різання для високошвидкісної фрезерної обробки.	4
4	Модульний контроль	2
	<b>Разом</b>	16
1	Побудова моделі та передача її на друк.	2
2	Друк моделі при різних параметрах режиму друку	4
3	Друк зразків при різних схемах заповнення	2
4	Випробування зразків і обробка результатів	2
5	Побудова об'ємної моделі і друк її з підтримкою. Оцінка усадки і шорсткості моделі після друку	2
6	Модульний контроль	2
	<b>Разом</b>	16

### 8. Самостійна робота

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
<b>Змістовний модуль 1</b>		
1	Життєвий цикл виробів. Структура САПР, автоматизовані системи в промисловості, огляд CALS-технологій. Ступені проектування автоматизованих систем.	4
2	Типи, та порівняння сучасних САПР в галузі	4

	машинобудування. Основні функції CAD/CAE/CAM-систем.	
3	Технології інформаційної підтримки життєвого циклу виробів. Системи та підсистеми ERP, стандарти MRP II.	6
4	Розробка мережевих графіків та їх оптимізація	10
5	Схеми обробки об'ємних поверхонь. Особливості об'ємного фрезерування, п'ятикоординатне фрезерна обробка Програмування автоматичного формування траєкторії інструменту при фрезеруванні	12
6	Особливості високошвидкісної фрезерної обробки. Програмування формування траєкторії інструменту при високошвидкісному фрезеруванні	12
	Модульний контроль	10
	<b>Разом</b>	<b>58</b>
<b>Змістовний модуль 2</b>		
1	Введення в адитивні технології.	2
2	Реалізація АТ при конструюванні і використанні АРКТ	4
3	Побудова процесу 3Д друку	10
4	Створення композитних конструкцій за допомогою 3Д друку	18
5	Вибір параметрів процесу 3Д друку	10
6	Майбутнє адитивних технологій	4
	Модульний контроль	10
	<b>Разом</b>	<b>58</b>

## 9. Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання не передбачені навчальним планом.

## 10. Методи навчання

Для викладання курсу застосовуються словесні пояснення, розповіді та бесіди з залученням ілюстративного матеріалу у вигляді презентацій, демонстрування процесів на 3Д принтері с спостереженням студентів за друком. На практичних та лабораторних роботах студенти самостійно працюють під наглядом викладача та УВП.

## 11. Методи контролю

Поточний контроль здійснюють під час проведення практичних і лабораторних занять, метою якого є перевірка рівня підготовки студента до виконання окремих видів роботи у вигляді опитування. Підсумковий контроль для оцінювання результатів навчання здійснюються у вигляді тестового опитування. Підсумковий контроль складається з балів, що студенти отримали під час проведення практичних і лабораторних занять та результатів тестового опитування.



## 12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

12.1. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
<b>Змістовний модуль 1</b>			
Робота на лекціях	0...1	8	0...8
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	3...5	5	15...25
Модульний контроль	0...20	1	0...20
<b>Змістовний модуль 2</b>			
Робота на лекціях	0...1	8	0...8
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	3...5	6	18...30
Модульний контроль	0...20	1	0...20
<b>Усього за семестр</b>			<b>33...100</b>

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту/заліку. Під час складання семестрового іспиту/заліку студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з двох теоретичних та двох практичних питань. Максимальна кількість балів за кожне питання 25 балів (сума – 100 балів).

### 12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- ✓ принципи побудови тривимірних моделей, створення керуючих програм для верстатів з ЧПК;
- ✓ методи впровадження керуючих програм на верстатах з числовим програмним управлінням;
- ✓ види адитивних технологій, їх характеристика та області застосування;
- ✓ основні етапи побудови процесу 3Д друку.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- ✓ будувати мережевий графік виробничого процесу;
- ✓ створювати керуючу програму для верстатів з ЧПК;
- ✓ будувати слайсову модель для 3Д принтера;
- ✓ працювати на 3Д принтері і друкувати полімерні моделі.

### 12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

**Задовільно (60-74).** Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи та домашні завдання. Проводити розробку керуючих програм для металорізальних верстатів з ЧПК за допомогою майстер моделі середньої складності.

Вміти самостійно давати характеристику адитивних технологій, вміння будувати 3Д модель, підготувати її до друку і здатність завантажити її на 3Д принтер. Уміння обирати параметри друку для розповсюджених полімерів. Вміти складати технічну документацію при підготовки системі для 3Д друку.

**Добре (75 - 89).** Твердо знати мінімум знань, виконати усі завдання. Показати вміння виконувати та захищати всі лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Вміти розробляти керуючі програми для металорізальних верстатів з ЧПК за допомогою майстер моделі будь-якого ступеня складності з урахуванням специфіки виготовлення, застосовуючи як універсальний так і спеціалізований інструмент та технологічне оснащення. Вміти пояснювати параметри друку при зміні матеріалу для друку. Знати проблеми 3Д друку і способи їх усунення. Рационально обирати схему друку конструкції в залежності від її конструктивного рішення. Знати можливості оптимізації конструктивної схеми і визначати добавки і їх кількість для поліпшення механічних характеристик філаменту для 3Д друку.

**Відмінно (90 - 100).** Повно знати основний та додатковий матеріал. Безпомилково виконувати та захищати всі лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк з докладним обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Досконально знати усі адитивні технології, які використовуються для виготовлення елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки. Вміти будувати складні 3Д моделі, обирати параметри 3Д друку, та їх реалізовувати для різноманітних полімерів. Вносити пропозиції щодо зміни конструктивної схеми виробу з урахуванням можливостей і недоліків системи 3Д друку. Планувати розвиток адитивних технологій та створення конструкцій АРКТ на їх підставі, оцінювати її продуктивність та ефективність.

### **Шкала оцінювання: бальна і традиційна**

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

### **13. Методичне забезпечення**

Обов'язкові складові:

- робоча програма дисципліни;
- конспект лекцій, підручники (навчальні посібники), в тому числі в електронному вигляді, які за змістом повністю відповідають робочій програмі дисципліни;
- методичні вказівки та рекомендації для виконання курсових робіт та проектів, розрахункових та розрахунково-графічних робіт, лабораторних та практичних робіт, а також рекомендації для самостійної підготовки;
- тематики індивідуальних завдань;
- приклади розв'язування типових задач чи виконання типових завдань;
- питання, тести для контрольних заходів;
- каталоги інформаційних ресурсів;

## 14. Рекомендована література

### Базова.

1. Дударева Н.Ю., SolidWorks 2011 + CD. Издательство: БХВ-Петербург, 2013г., Серия: Самоучитель
2. Алямовский А. А., Одинцов Е. В., Пономарев Н. Б., Собачкин А. А., Харитонович А. И. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике. Издательство: БХВ-Петербург, 2013г. -800с.
3. В.И. Гузеев, В.А. Батуев, И.В. Сурков режимы резания для токарных и сверлильно –фрезерно –расточных станков с ЧПУ. –М.: Машиностроение, 2007. –368с.
4. А.А. Дерябин Программирование технологических процессов для станков с ЧПУ. –М.: Машиностроение, 2005. –245с.
5. П.П. Серебrenицкий, А.Г. Схиртладзе Программирование для автоматизированного оборудования. –М.: Высшая школа, 2008–592с.
6. А.Г. Схиртладзе, Т.Н. Иванова Технологическое оборудование машиностроительных производств. –Старый Оскол. ТНТ, 2009 –708с.
7. САПР технологических процессов, приспособлений и режущих инструментов: Учеб. пособие для вузов/ В.И. Аверченков, И.А. Каштальян, А.П. Пархутик. - Мн.: Выш. шк., 1993. - 288с.
8. Гаврилов Д.А. Управление производством на базе стандарта MRP II. — СПб, Питер, 2003.
9. Колчин А.Ф., Овсянников М.В., Стрекалов А.Ф., Сумароков С.В. Управление жизненным циклом продукции. — М.: Анахарсис, 2002.
10. Норенков И.П., Кузьмик П.К. Информационная поддержка наукоемких изделий. — М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2002.
11. Кондаков А.И. САПР технологических процессов: учебник для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2007. -272с.

### Додаткова література.

12. Батищев Д.И., Львович Я.Е., Фролов В.Н. Оптимизация в САПР. — Воронеж, Изд-во Воронежского государственного университета, 1997.
13. Проектирование технологических процессов в машиностроении. Под ред. И.П. Филонова. Издательство: УП ТЕХНОПРИНТ. 2003 -910с.
14. Норенков И.П., Маничев В.Б. Основы теории и проектирования САПР. — М.: Высшая школа, 1990. – 335с.
15. Тихонов А.Н. и др. Математическое моделирование технологических процессов и метод обратных задач в машиностроении. М.: Машиностроение, 1990. -263с.
16. Богуслаев В.А., Качан А.Я., Долматов А.И., Мозговой В.Ф., Корневский Е.Я. Технология производства авиационных двигателей в 3 частях.- Запорожье, изд. ОАО «Мотор Сич», 2007-08.

## 15. Інформаційні ресурси

Сайт кафедри: <http://10.2.1.204/>

<http://3dprintstory.org/25-samih-populyarnih-materialov-dlya-3d-pechati>  
<https://3dtoday.ru/blogs/garremmash/the-20-most-common-problems-of-3d-printing-part-1/>  
<https://habr.com/ru/post/196182/>  
<https://www.continuouscomposites.com/>  
<https://anisoprint.com/>  
<https://markforged.com/>