

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

Кафедра технології виробництва авіаційних двигунів (№ 204)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми
 Ю. О. Невешкін
(підпис) (ініціали та прізвище)

« 02 » серпня 2021 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Перспективні комп'ютерні технології в проектуванні та виробництві
(назва навчальної дисципліни)

Галузі знань: 15 "Автоматизація та приладобудування"
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальності: 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології"
(код і найменування спеціальності)

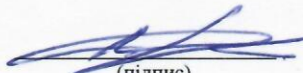
Освітні програми: Комп'ютерні технології проектування та виробництва
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2021 рік

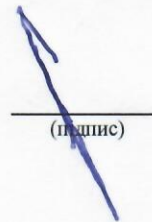
Розробник: Данько К. А. доцент кафедри № 204
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри
Технології виробництва авіаційних двигунів
(назва кафедри)

Протокол № 10 від «02» липня 2021 р.

Завідувач кафедри д.т.н., професор
(науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

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 – 4,5	Галузі знань <u>15 "Автоматизація та приладобудування"</u> (шифр і найменування) Спеціальності <u>151 "Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології"</u> (код і найменування) Освітні програми <u>Комп’ютерні технології проектування та виробництва</u> (найменування) Рівень вищої освіти: <u>перший (бакалаврський)</u>	Цикл професійної підготовки
Кількість модулів – 2		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 2		2019/2020
Індивідуальне завдання - РГР		Семестр
Загальна кількість годин – 66*/135		8-й
		Лекції*
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 5,5 самостійної роботи студента – 5,75		30 години
		Практичні, семінарські*
		0 годин
		Лабораторні*
	36 годин	
	Самостійна робота	
	69 годин	
	Вид контролю	
	іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 66/69.

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

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: вивчення провідного досвіду використання сучасних комп'ютерних технологій в проектуванні та виробництві деталей, збиральних одиниць та виробів авіаційної техніки та зразків техніки загального машинобудування.

Завдання: формування знань на умінь кваліфікованого застосовування на практиці сучасних способів проектування та виробництва заготовок, деталей, вузлів, агрегатів.

Компетентності, які набуваються:

Загальні компетентності (ЗК):

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК3. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК6. Здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями.

ЗК7. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК8. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК12. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ЗК13. Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків.

Фахові компетентності (ФК):

ФК1. Здатність застосовувати відповідні математичні, наукові і технічні методи, а також комп'ютерне програмне забезпечення для аналізу і синтезу систем автоматизації.

ФК2. Здатність застосовувати знання фізики, електротехніки, електроніки і мікропроцесорної техніки, в обсязі, необхідному для розуміння процесів в системах автоматизації та комп'ютерно- інтегрованих технологій

ФК5. Здатність обґрунтовувати вибір технічних засобів автоматизації на основі розуміння принципів їх роботи аналізу їх властивостей, призначення і технічних характеристик з урахуванням вимог до системи автоматизації і експлуатаційних умов; налагоджувати технічні засоби автоматизації та системи керування.

ФК6. Здатність використовувати для вирішення професійних завдань новітні технології у галузі автоматизації та комп'ютерно- інтегрованих технологій, зокрема, проектування багаторівневих систем керування, збору даних та їх архівування для формування бази даних параметрів процесу та їх візуалізації за допомогою засобів людино-машинного інтерфейсу.

ФК9. Здатність вільно користуватись сучасними комп'ютерними та інформаційними технологіями для вирішення професійних завдань,

програмувати та використовувати прикладні та спеціалізовані комп'ютерно-інтегровані середовища для вирішення задач автоматизації.

ФК10. Здатність враховувати соціальні, екологічні, етичні, економічні аспекти, вимоги охорони праці, виробничої санітарії і пожежної безпеки під час формування технічних рішень.

Очікувані результати навчання:

- (ПРН3) вміти застосовувати сучасні інформаційні технології та мати навички розробляти алгоритми та комп'ютерні програми з використанням мов високого рівня та технологій об'єктно-орієнтованого програмування;

- (ПРН7) вміти застосовувати сучасні методи моделювання та оптимізації для дослідження та створення ефективних систем керування складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами.

- (ПРН10) здатність проводити аналіз виробничо-технічних систем в різних галузях промисловості як об'єктів автоматизації і визначати стратегію їх автоматизації.

Міждисциплінарні зв'язки: У курсі перспективні комп'ютерні технології в проектуванні та виробництві знаходять прикладне значення питання з курсів: Алгоритмізація та програмування, Інженерна та комп'ютерна графіка, Фізика, Основи автоматизації проектування, Інженерне матеріалознавство, Технологічні процеси та обладнання автоматизованих виробництв, Методи формоутворення поверхонь у виробництві авіаційних двигунів та енергетичних установок, Основи комп'ютерно-інтегрованих технологій, Комп'ютерні технології проектування технологічних процесів, Технологія двигунобудування, Комп'ютерні технології проектування технологічного оснащення, Технологічне оснащення.

3. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовий модуль 1. Перспективні комп'ютерні технології в проектуванні.

ТЕМА 1. Вступ до навчальної дисципліни Перспективні комп'ютерні технології в проектуванні та виробництві. Предмет вивчення і задачі дисципліни Перспективні комп'ютерні технології в проектуванні та виробництві. Програмне забезпечення для швидкого прототипування.

ТЕМА 2. Перспективні підходи до проектування та виробництва. Паралельне проектування. Життєвий цикл продукту. Роль комп'ютерів у проектуванні виробів. Прототипи. Віртуальне прототипування. Проектування для виготовлення, складання, розбирання та обслуговування. Зелене проектування та виробництво. Вибір виробничих процесів. Виробництво деталей з параметрами близькими до параметрів готової деталі. Високоточне

виробництво. Види виробництва. Комп'ютерне інтегроване виробництво.

ТЕМА 3. Процеси швидкого прототипування. Субтрактивні процеси.>Addитивні процеси. Віртуальне прототипування. Пряме виробництво та швидке оснащення. Альтернативні процеси: обробка тиском, лиття, порошкова металургія, механічне оброблення.

ТЕМА 4. Адитивна технологія виробництва – особливості проектування. Порівняння конструкції деталей для традиційних методів виробництва та для адитивних технологій. Базові принципи адитивних технологій виробництва (пошарове вирощування). DMLS процес (Direct Metal Laser Sintering): проектування, попередній технологічний процес, виробництво, післяопераційне (завершальне) оброблення.

ТЕМА 5. Адитивна технологія виробництва: основи процесу. Чому орієнтація така важлива? Підтримка – як і чому? Що таке ефект сходинок? Які витратні складові? Як розмістити деталь на платформі? Чому термічні напрути такі важливі? Що таке Upskin та Downskin? Співвідношення сторін – чи це важливо? Особливості підтримок. Обмеження по розмірам. Що таке Тріангуляція? Особливості побудови стінок за адитивною технологією.

ТЕМА 6. Адитивна технологія виробництва: особливості проектування/перепроjektування. Основні кроки в проектуванні для виробництва з використанням адитивних технологій: зрозумій, вивчи, сформууй ідею для моделі, сформууй модель, побудуй прототип, випробуй. Експертиза деталей для виробництва за адитивною технологією: критерії експертизи, вага критеріїв експертизи. Етапи створення продукту (проектування, попередній технологічний процес, виробництво, післяопераційне (завершальне) оброблення, готовий продукт) на конкретному прикладі.

ТЕМА 7. Адитивна технологія виробництва: післяопераційне (завершальне) оброблення. Термічне оброблення (зменшення напружень, гаряче ізостатичне пресування, зміцнення). Механічне оброблення (абразивне оброблення, ЧПК оброблення, складання).

ТЕМА 8. Раціональні методи побудови підтримки. Друк камери згорання. Розуміння можливостей та обмежень адитивної технології. Приклади провідного досвіду.

Модуль 2.

Змістовий модуль 2. Адитивні технології виробництва для аерокосмічної галузі.

ТЕМА 9. Вимоги до аерокосмічних матеріалів та роль Адитивних технологій. Аерокосмічні матеріали та їх вимоги. Адитивні технології виробництва для різних видів матеріалів.

ТЕМА 10. Огляд адитивних технологій та їх застосування в аерокосмічній галузі. Вимоги та можливості аерокосмічної галузі для адитивної технології виробництва. Адитивні технології виробництва – виклики та потенційні можливості застосування.

ТЕМА 11. Обладнання для застосування адитивних технологій в аерокосмічній галузі. Аналіз поточного рівня кваліфікації та сертифікації та розбіжності. Галузеві кваліфікаційні та сертифікаційні підходи..

ТЕМА 12. Вимірювання характеристик та якості порошку для адитивної технології виготовлення деталей з аерокосмічних сплавів. Контроль якості. Передові металографічні засоби.

ТЕМА 13. Суперплави, порошки, моніторинг процесів у адитивному виробництві. Застосування: матеріали в газових турбінах. Металургічні та технологічні виклики при адитивному виробництві деталей із супер-сплавів та різні підходи для пошуку рішень. Властивості порошкового матеріалу. Моніторинг процесів. Типи датчиків для моніторингу процесу без втручання в процес. Забезпечення якості. Автоматизована корекція дефектів, майбутні можливості управління замкнутим циклом.

ТЕМА 14. Адитивна технологія виробництва компонентів аерокосмічної галузі шляхом плавки та/чи спікання в твердому стані. Приклади.

ТЕМА 15. Адитивні технології в аерокосмічній галузі як бізнес. Технології 3D друку для оснащення та створення прототипів. Фактори, що сприяють поширенню адитивного виробництва в аерокосмічній галузі. Як адитивне виробництво вдосконалює ланцюг поставок аерокосмічної галузі. Регулюючі фактори при адитивному виробництві в аерокосмічній галузі (ЄС та США). Географія адитивного виробництва в аерокосмічній сфері. Конкурентні наслідки адитивного виробництва в аерокосмічній галузі.

ТЕМА 16. Характеристика структури поверхні та оптимізація деталей, виготовлених з металу адитивними технологіями для аерокосмічного застосування. Основи структури поверхонь деталей, виготовлених з використанням адитивних технологій. Кращі практики визначення текстури поверхні деталей, виготовлених за адитивною технологією. Обробка поверхонь компонентів, виготовлених за адитивною технологією.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
		Л	п	лаб	інд	с. р.
Модуль 1						
Змістовий модуль 1. Загальні основи та технологія ливарного виробництва.						
Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни Перспективні комп'ютерні технології в проектуванні та виробництві. Предмет вивчення і задачі дисципліни. Перспективні комп'ютерні технології в проектуванні та виробництві. Програмне забезпечення для швидкого прототипування.	6	2	-	2	-	2
Тема 2. Перспективні підходи до проектування та виробництва. Паралельне проектування. Життєвий цикл продукту. Роль комп'ютерів у проектуванні виробів. Прототипи. Віртуальне прототипування. Проектування для виготовлення, складання, розбирання та обслуговування. Зелене проектування та виробництво. Вибір виробничих процесів. Виробництво деталей з параметрами близькими до параметрів готової деталі. Високоточне виробництво. Види виробництва. Комп'ютерне інтегроване виробництво.	12	2	-	4	-	6
Тема 3. Процеси швидкого прототипування. Субтрактивні процеси. Аддитивні процеси. Віртуальне прототипування. Пряме виробництво та швидке оснащення. Альтернативні процеси: обробка тиском, лиття, порошкова металургія, механічне оброблення.	8	2	-	2	-	4
Тема 4. Адитивна технологія виробництва – особливості проектування. Порівняння конструкції деталей для традиційних методів виробництва та для адитивних технологій. Базові принципи адитивних технологій виробництва (пошарове вирощування). DMLS процес (Direct Metal Laser Sintering): проектування, попередній технологічний процес, виробництво, післяопераційне (завершальне) оброблення.	10	2	-	2	-	6
Тема 5. Адитивна технологія виробництва: основи процесу. Орієнтація деталі. Ефект сходинки. Витратні складові. Розміщення деталі на платформі. Термічні напруги. Upskin та Downskin. Співвідношення сторін	12	2	-	4	-	6

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
		Л	п	лаб	інд	с. р.
деталі. Особливості підтримок. Обмеження по розмірам. Тріангуляція. Особливості побудови стінок за адитивною технологією.						
Тема 6. Адитивна технологія виробництва: особливості проектування/ перепроєктування. Основні кроки в проектуванні для виробництва з використанням адитивних технологій. Експертиза деталей для виробництва за адитивною технологією. Етапи створення продукту на прикладі.	10	2	-	2	-	6
Тема 7. Адитивна технологія виробництва – післяопераційне оброблення. Термічне оброблення. Механічне оброблення.	8	2	-	2	-	4
Тема 8. Раціональні методи побудови підтримки. Друк камери згоряння. Розуміння можливостей та обмежень адитивної технології. Приклади провідного досвіду.	8	2	-	2	-	4
Разом за модуль 1	74	16		20		38
Модуль 2. Адитивні технології виробництва для аерокосмічної галузі.						
Тема 9. Вимоги до аерокосмічних матеріалів та роль адитивних технологій. Аерокосмічні матеріали та їх вимоги. Адитивні технології виробництва для різних видів матеріалів.	8	2	-	2	-	4
Тема 10. Огляд адитивних технологій та їх застосування в аерокосмічній галузі. Вимоги та можливості аерокосмічної галузі для адитивної технології виробництва. Адитивні технології виробництва – виклики та потенційні можливості застосування.	7	2	-	2	-	3
Тема 11. Обладнання для застосування адитивних технологій в аерокосмічній галузі. Аналіз поточного рівня кваліфікації та сертифікації та розбіжності. Галузеві кваліфікаційні та сертифікаційні підходи. Рекомендації.	8	2	-	2	-	4
Тема 12. Вимірювання характеристик та якості порошку для адитивної технології виготовлення деталей з аерокосмічних сплавів. Контроль якості.	7	2	-	2	-	3
Тема 13. Суперсплави, порошки, моніторинг процесів у адитивному виробництві. Застосування: матеріали в газових турбінах. Металургічні та технологічні виклики при адитивному виробництві деталей із супер-сплавів та різні підходи для пошуку рішень. Властивості порошкового матеріалу.	8	1	-	2	-	5

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
		Л	п	лаб	інд	с. р.
Моніторинг процесів. Типи датчиків для моніторингу процесу без втручання в процес. Забезпечення якості. Автоматизована корекція дефектів, майбутні можливості управління замкнутим циклом.						
Тема 14. Адитивна технологія виробництва компонентів аерокосмічної галузі шляхом плавки та/чи спікання в твердому стані. Приклади.	5	1	-	2	-	4
Тема 15. Адитивні технології в аерокосмічній галузі як бізнес. Технології 3D друку для оснащення та створення прототипів. Фактори поширення адитивного виробництва в аерокосмічній галузі. Адитивне виробництво і ланцюг поставок аерокосмічної галузі. Регулюючі фактори при адитивному виробництві в аерокосмічній галузі. Географія адитивного виробництва в аерокосмічній сфері. Конкурентні наслідки адитивного виробництва в аерокосмічній галузі.	7	2	-	2	-	4
Тема 16. Характеристика структури поверхні та оптимізація деталей, виготовлених з металу адитивними технологіями для аерокосмічного застосування. Основи структури поверхонь деталей, виготовлених з використанням адитивних технологій. Кращі практики визначення текстури поверхні деталей, виготовлених за адитивною технологією. Обробка поверхонь компонентів, виготовлених за адитивною технологією.	8	2	-	2	-	4
Усього годин за модуль 2	58	14	-	16	-	31
Усього годин	135	30	-	36	-	69

5. Теми семінарських занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
	Разом	

6. Теми практичних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
	Разом	

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Розроблення 3 D моделі	6
2	Перетворення/конвертація 3 D файлів	6
3	Робота з STL файлами	6
4	Підготовка 3 D принтеру до друку	6
5	Друк деталі	6
6	Подальше оброблення деталі	6
	Разом	36

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Перспективні комп'ютерні технології в проектуванні та виробництві.	2
2	Перспективні підходи до проектування та виробництва.	6
3	Пряме виробництво та швидке оснащення.	4
4	Післяопераційне (завершальне) оброблення.	6
5	Тріангуляція. Особливості побудови стінок за адитивною технологією.	6
6	Експертиза деталей для виробництва за адитивною технологією.	6
7	Термічне оброблення друкованих деталей.	4
8	Можливості та обмеження адитивної технології.	4
9	Аерокосмічні матеріали та їх вимоги.	4
10	Огляд адитивних технологій та їх застосування в аерокосмічній галузі.	3
11	Обладнання для застосування адитивних технологій в аерокосмічній галузі.	4
12	Вимірювання характеристик та якості порошку для адитивної технології виготовлення деталей з аерокосмічних сплавів.	3
13	Суперплави, порошки, моніторинг процесів у адитивному виробництві.	5
14	Адитивна технологія виробництва компонентів аерокосмічної галузі шляхом плавки та/чи спікання в твердому стані.	4
15	Географія адитивного виробництва в аерокосмічній сфері. Конкурентні наслідки адитивного виробництва в аерокосмічній галузі.	4
16	Обробка поверхонь компонентів, виготовлених за адитивною технологією.	4
	Разом	69

9. Індивідуальні завдання (РГР)

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	На основі заданого креслення деталі виконати її перепроєктування з метою пристосування під виробництво за адитивною технологією. Розробити і обґрунтувати розміщення деталі під час її виготовлення, а також кількість та розміщення підтримок.	1

10. Методи навчання

Основні форми навчання:

- лекційна;
- лабораторні роботи;
- самостійна робота студента;
- іспит **.

На лекціях студенту даються основні поняття, теоретичні викладки та закономірності. Лекційний матеріал надається у повному об'ємі, необхідному для здачі поточних модулів та здачі іспиту **.

Проведення лабораторних робіт базується на ознайомленні з матеріалом лабораторної роботи, написання звіту. Крім того студентам наживо демонструються частини технологічних процесів створення моделей з використанням адитивних технологій.

На самостійну роботу студента відводиться значна частина часу від загальної кількості годин. Студент може приступати без певного багажу знань до самостійної роботи. Під час самостійної роботи студент поглиблено вивчає матеріали, що були на лекціях, готується до проведення лабораторних робіт та їх здачі. Студент самостійно виконує підготовку до модулів, згідна переліку питань, які будуть на модулі.

** Вид контролю для галузі знань: 15 "Автоматизація та приладобудування".

11. Методи контролю

Матеріали дисципліни розбито на два змістовних модулі:

1. Перспективні комп'ютерні технології в проектуванні.
2. Адитивні технології виробництва для аерокосмічної галузі.

Складання модуля №1 – на 6-ому тижні (один раз), складання модуля №2 – на 12-ому тижні (один раз).

До складання модулів студент допускається за умови виконання всіх видів обов'язкових робіт, передбачених у модулях.

Оформлення лабораторних робіт – *письмово*, захист – *усно*.

Строк захисту лабораторних робіт №1, 2, 3 – 6-ий тиждень, №4, 5, 6 – 12-ий тиждень. Затримка захисту лабораторних робіт на тиждень – мінус 2 бали, на 2 тижні – мінус 4 бали.

Семестр 8 – іспит **.

** Вид контролю для галузі знань: 15 "Автоматизація та приладобудування".

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
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...1	8	0...8
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0...2	10	0...20
Модульний контроль	0...22	1	0...22
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	7	0...7
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0...2	8	0...16
Модульний контроль	0...27	1	0...27
Усього за семестр			0...100

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

Білет для іспиту складається з 4-ох запитань. Теоретичні запитання розподілено таким чином:

- Перше запитання – змістовний модуль 1;
- Друге запитання – змістовний модуль 2;
- Третє запитання – з лабораторних робіт;
- Четверте запитання – з лабораторних робіт;

Максимальна кількість балів за кожне запитання – 25.

** Вид контролю для галузі знань: 15 "Автоматизація та приладобудування".

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- основні особливості і характеристики перспективних комп'ютерних технологій для проектування та виробництва заготовок (деталей) адитивними технологіями;
- основні поняття та визначення, що характеризують паралельне проектування, прототипування, зелене проектування та виробництво, комп'ютерне інтегроване виробництво, пряме виробництво та швидке оснащення, адитивну технологію виробництва;
- основи процесу адитивного виробництва;
- особливості проектування в адитивній технології виробництва;
- сутність процесів післяопераційного (завершального) оброблення;
- раціональні методи побудови підтримки;
- вимоги до аерокосмічних матеріалів, що застосовуються для адитивних технологій;
- вимоги та можливості аерокосмічної галузі для адитивної технології виробництва, виклики та потенційні можливості застосування;
- обладнання для застосування адитивних технологій в аерокосмічній галузі;
- характеристики якості порошку для адитивної технології виготовлення деталей з аерокосмічних сплавів;

- металургічні та технологічні виклики при адитивному виробництві деталей із супер-сплавів та різні підходи для пошуку рішень;
- фактори, що сприяють поширенню адитивного виробництва в аерокосмічній галузі;
- характеристики структури поверхні та шляхи оптимізації деталей, виготовлених з металу адитивними технологіями для аерокосмічного застосування.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- приймати обґрунтовані рішення;
- вчитися і оволодівати сучасними знаннями;
- проектувати конструкцію деталі/заготовки аерокосмічної техніки для подальшого її виготовлення методами адитивного виробництва;
- проектувати підтримку та визначати орієнтацію деталі при виготовленні з використанням адитивних технологій виробництва;
- розробляти і реалізовувати конструкцію та технологічні процеси виробництва елементів та об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки з використанням адитивних технологій.

12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь за курсом Перспективні комп'ютерні технології в проектуванні та виробництві. Захистити всі лабораторні роботи. Студент повинен знати базові поняття, основні, не менше 4-ох, різновидів адитивного виробництва, знати їх основні відмінності. Знати послідовність реалізації етапів проектування, друку та подальшого оброблення деталей із застосуванням адитивних технологій. Студент повинен вміти, з наведених варіантів виробництва деталі, обрати правильний і обґрунтувати свій вибір.

Добре (75-89). Твердо знати мінімум, захистити всі лабораторні роботи, здати обидва змістовних модуля з балами вище за середні та поза аудиторну самостійну роботу. Студент повинен знати: сутність та основні особливості і характеристики перспективних комп'ютерних технологій для проектування та виробництва заготовок (деталей) адитивними технологіями. Сутність адитивних технологій і їх перспективи у аерокосмічній галузі. Студент повинен вміти: вибирати способи виготовлення деталей та заготовок аерокосмічної техніки в залежності від умов виробництва і конструкції деталі, проектувати конструкцію деталі/заготовки і її підтримку. Мати навички: самостійної роботи та пошуку необхідної інформації стосовно обирання методу створення заготовки та подальшого її оброблення.

Відмінно (90-100).

Студент повинен здати всі лабораторні роботи та обидва модулі з оцінкою «відмінно». Приймати активну участь в обговоренні питань під час лекцій. Досконально знати всі теми курсу «Перспективні комп'ютерні технології в проектуванні та виробництві» та вміти застосовувати їх. Студент повинен вміти: вибирати ефективні способи виготовлення деталей та заготовок аерокосмічної техніки в залежності від умов виробництва і конструкції деталі; проектувати технологічні процеси виготовлення деталей та заготовок з порошкових матеріалів адитивними технологіями. Студент повинен мати навички самостійної роботи з точки зору аналізу методів створення деталей авіаційної промисловості адитивними технологіями.

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

- дидактичні матеріали;
- технологічне устаткування 3Д друку;
- ілюстративні матеріали (плакати, презентації, таблиці тощо).

14. Рекомендована література

Базова

1. Additive Manufacturing for the Aerospace Industry, Edited by Francis Froes Light Metals Industry, Tacoma, WA, United States and Rodney Boyer RBTi Consulting, Bellevue, WA, United States School of Materials Science and Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai, P.R. China / Copyright © 2019 Elsevier Inc. All rights reserved.

2. Additive Manufacturing for the Aircraft Industry: A Review by Sarat Singamneni^{1*}, Yifan LV¹, Andrew Hewitt², Rodger Chalk², Wayne Thomas² and David Jordison² // Journal of Aeronautics & Aerospace Engineering/ 2019.

Допоміжна

1. Industry 4.0: Managing The Digital Transformation / Alp Ustundag, Emre Cevikcan / Springer International Publishing Switzerland 2018.

6. Serope Kalpakjian Manufacturing engineering and technology: 6-th edition in SI units [Text] / Serope Kalpakjian, Steven R. Schmid/ Pearson, 2009, 1197 p.

15. Інформаційні ресурси

1. Сайт кафедри <https://education.khai.edu/department/204>;
2. Сайт бібліотеки <http://library.khai.edu>.
3. <https://additive.works/>