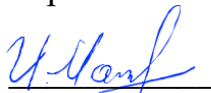


Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньо-наукової програми


(підпис)

I.V. Малков
(ініціали та прізвище)

« 01 » 09 2025 р.

СИЛАБУС ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«Адитивні технології у виробництві літальних апаратів»
Вибірковий блок: «Вибіркова дисципліна (за темою дисертаційної роботи)»

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Спеціальність: 134 Авіаційна та ракетна техніка

Освітньо-наукова програма: «Авіаційна та ракетна техніка»

Рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий)

Силабус введено в дію з 01.09.2025

Розробник: Сікульський В. Т., професор каф. 104., д.т.н., професор

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

(підпис) 

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри Технології виробництва літальних апаратів

(назва кафедри)

Протокол № 1 від «01» вересня 2025 р.

Завідувач кафедри к. т. н., доцент

(науковий ступінь і вчене звання)

(підпис)


(ініціали та прізвище)

К. В. Майорова

Погоджено з представником здобувачів освіти:



Олена АРУТУНЯН

(підпис)

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

1. Загальна інформація про викладача

Лектор – Сікульський Валерій Терентійович, професор кафедри 104,
д. т. н., професор



З 1980 року викладає в університеті наступні дисципліни:

- технологія виробництва літаків і вертольотів;
- технологія виробництва авіаційної техніки;
- теоретичні основи технології літакобудування;
- виробництво деталей АТ розмірною обробкою.

Напрями наукових досліджень: формоутворення деталей АТ локальним деформуванням, технологія адитивного виробництва деталей АТ, теоретичні основи технології літакобудування.

Контактна інформація: v.sikulskiy@khai.edu

2.Опис навчальної дисципліни

1.

Форма здобуття освіти	<i>Денна</i>
Семестр	3
Мова викладання	Українська
Тип дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Обсяг дисципліни: кредити ЄКТС/ кількість годин	<i>денна: 4 кредиту ЄКТС / 120 годин (64 аудиторних, з яких: лекції – 32, практичні – 32; СРЗ – 56); заочна: 4 кредиту ЄКТС / 120 годин (18 аудиторних, з яких: лекції – 6, практичні – 12; СРЗ – 102)</i>
Види навчальної діяльності	Лекції, практичні (семінарські) та/або лабораторні заняття, самостійна робота
Види контролю	Поточний контроль, модульний контроль, семестровий контроль – іспит
Пререквізити	<i>Теоретична механіка, Опір матеріалів, Будівельна механіка, Інженерна графіка, Технологія конструкційних матеріалів, Авіаційне матеріалознавство, Деталі машин, Основи взаємозамінності, Збирально-монтажні роботи у літакобудуванні, Інтегровані технології проектування, Проектування підприємств авіаційного виробництва.</i>
Кореквізити	<i>Науково-прикладні питання технології виробництва літальних апаратів, Технологічні системи забезпечення життєвого циклу виробів авіаційно-космічної галузі</i>
Постреквізити	<i>Технологія виробництва літаків та вертольотів, Проектування конструкцій літальних апаратів</i>

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: Підготовка висококваліфікованого, конкурентоспроможного, інтегрованого до європейського та світового науково-освітнього простору фахівця ступеня доктора філософії в галузі авіаційної та ракетно-космічної техніки за спеціальністю G12 Авіаційна та ракетно-космічна техніка здатного до самостійної науково-дослідницької, науково-організаційної, педагогічно-організаційної та практичної діяльності у сферах авіації, космонавтики, машинобудування, в суміжних галузях, а також викладацької роботи у закладах вищої освіти

Завдання: Підготовка здобувачів ступеня доктор філософії, що передбачає вивчення основ науково-дослідної роботи в авіаційно-ракетній галузі та набуття компетентностей щодо сучасних методів, алгоритмів, процесів та способів проектування АРКТ, отримання, представлення, обробки, аналізу, передачі, зберігання інформації в комп'ютерних системах з метою їх систематизації та управління складними об'єктами та процесами у виробництві та економіці, здатних до самостійної науково-дослідницької, науково-організаційної, педагогічно-організаційної та практичної діяльності у зазначеній галузі, а також викладацької роботи у закладах вищої освіти.

Компетентності, які набуваються:

Інтегральна компетентність: Здатність розв'язувати складні задачі й проблеми у професійній діяльності з розроблення, виробництва та (або) сертифікації ракетно-космічної техніки, її двигунів та енергетичних установок, конструкцій і систем або у процесі навчання, які пов'язані з проведенням досліджень та/або здійснення інновацій та характеризуються невизначеністю умов і вимог

Загальні компетентності (ЗК)

Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

Здатність до пошуку, обробки та аналізу інформації з різних джерел.

Здатність працювати в міжнародному контексті.

Здатність розв'язувати комплексні проблеми у сфері авіаційної та ракетно-космічної техніки на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору із дотриманням принципів професійної етики та академічної доброчесності.

Після закінчення цієї програми здобувач освіти буде здатен:

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких фахових **компетентностей:**

Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у авіаційній та ракетно-космічній техніці та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках.

Здатність здійснювати науково-педагогічну діяльність у вищій освіті.

Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти в авіаційній та ракетно-космічній техніці та дотичні до неї міждисциплінарні проекти.

Здатність застосовувати при плануванні, проведенні та обробки експериментальних досліджень сучасних інформаційних технологій,

спеціалізованого програмного забезпечення та новітнього автоматизованого обладнання.

Здатність до удосконалення технологічних систем виробництва та об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки.

Програмні результати навчання:

Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у авіаційній та ракетно-космічній техніці та дотичних міждисциплінарних напрямках.

Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з проблем створення перспективних виробів авіаційної та ракетно-космічної техніки та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, обробки та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи.

Розуміти загальні принципи та методи технічних та природничих наук, а також методологію наукових досліджень, застосовувати їх у власних дослідженнях у сфері авіаційної та ракетно-космічної техніки, дотичних міждисциплінарних напрямів та у викладацькій практиці.

Розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні інженерні проекти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати значущі наукові та технологічні проблеми авіаційної та ракетно-космічної техніки з дотриманням норм академічної етики і врахуванням соціальних, економічних, екологічних та правових аспектів. Захищати інтелектуальну власність на створені нові технічні рішення.

Міждисциплінарні зв'язки

- Базується на загальних знаннях з таких дисциплін як «Матеріалознавство авіаційної та ракетно-космічної техніки та новітні зварювальні технології», «Процеси механічної та фізико-технічної обробки, обладнання та інструменти», «Іноземна мова», «Обробка та аналіз результатів наукових досліджень з використанням ІТ».

4. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовний модуль 1. Основні методи адитивного виробництва

Основні поняття та визначення АТ.

ТЕМА 1. Вступ до навчальної дисципліни «Технології адитивного виробництва авіаційних деталей»

Форма занять: лекція, самостійна робота.

- *Обсяг аудиторного навантаження:.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Основні історичні етапи розвитку АТ. Основні поняття та визначення АТ.

ТЕМА 2. 3D CAD моделювання і створення електронного пошарового образу (моделі) виробу.

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження:*
- *Лабораторна робота: Вивчення програмування XYZware.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): принтер Da Vinci 2.0A Duo.*

Поняття з технологічності виробу і деталі. Види адитивних технологій. Переваги і недоліки АТ. Перспективи розвитку АТ. Електронні моделі виробу.

ТЕМА 3. FDM (Fused Deposition Modeling) – моделювання оплавленням.

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження:*
- *Лабораторна робота: «Изучение работы 3D принтера Da Vinci 2.0A Duo».*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): принтер Da Vinci 2.0A Duo.*

ТЕМА 4. CJP (ColorJet printing) – повнокольоровий друк з принципом склеювання порошку або фотополімера.

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження:*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

ТЕМА 5. SLS (Selective Laser Sintering) – технологія лазерного зп'якання.

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження:.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): електронні ресурси.*

ТЕМА 6. 3DW (Three Dimensional Welding) – тривимірна наплавка (зварювання), DMD (Direct Metal Deposition) – пряме нанесення металу.

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження:*
- *Лабораторна робота: «Вивчення технології та обладнання для аргонно-дугового наплавлення».*

- *Лабораторна робота: «Дослідження методів дозування металу при адитивному наплавленні».*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): обладнання лабораторії зварювання кафедри.*

ТЕМА 7. (Layer Laminate Manufacturing) – спосіб моделювання нашаровуванням.

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження:*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): електронні ресурси.*

- ТЕМА 8. SLA (Stereo Lithographics Apparatus) – лазерна стереолітографія.

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження:*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): електронні ресурси.*

- ТЕМА 9. Матеріали, що використовуються у АТ.

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження:*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): електронні ресурси.*

- **Модульний контроль 1** *Форма занять: написання модульної роботи в аудиторії (за рішенням лектора допускається проведення у дистанційній формі).*

- *Обсяг аудиторного навантаження:*

Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.

Змістовний модуль 2. Основні характеристики адитивного виробництва

ТЕМА 10. Особливості базування і вибір орієнтації виробу в процесі його пошарового вирощування.

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження:*

- *Лабораторна робота: «Проектування технологічного процесу адитивного виробництва».*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): комплект деталей для індивідуальних завдань.*

ТЕМА 11. Інструментальне оснащення і виробництво оснащення і виробів – Rapid Tooling і Rapid Manufacturing.

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження:*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): електронні ресурси.*

ТЕМА 12. Методи прямого виготовлення.

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження:*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

ТЕМА 13. Методи непрямого виготовлення.

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження:*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

ТЕМА 14. Економічність інтегрованих генеративних технологій.

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження:*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): електронні ресурси.*

Порівняння традиційних і адитивних технологій.

ТЕМА 15. Потенціал і перспективи розвитку адитивних технологій.

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження:*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): електронні ресурси.*
- *Структура ринку адитивних технологій.*

ТЕМА 16. Основні приклади використання АТ в авіабудуванні і космонавтиці.

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження:*

Лабораторна робота: «Дослідження характеристик ошпорованих деталей з алюмінієвих сплавів».

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): обладнання лабораторії зварювання кафедри, електронні ресурси.*

Виготовлення оболонкових конструкцій. Друк деталей силових частин авіаційних конструкцій. Виготовлення деталей двигунів. Особливості виготовлення конструкцій ракетно-космічної техніки.

- **Модульний контроль 2** *Форма занять: написання модульної роботи в аудиторії (за рішенням лектора допускається проведення у дистанційній формі).*

- *Обсяг аудиторного навантаження:*

Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.

5.Індивідуальні завдання

Відсутні

6. Методи навчання

Лекції, практичні та лабораторні заняття, самостійні заняття

7.Методи контролю

Проведення поточного контролю, модульного контролю, підсумкового контролю у вигляді іспиту.

8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі освіти

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Активність роботи на лекціях	0...1	5	0...5
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0...4	5	0...20
Модульний контроль	0...25	1	0...25
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	5	0...5
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0...4	5	0...20
Модульний контроль	0...25	1	0...25
Усього за семестр			0...100

Семестровий контроль (іспит/залік) проводиться у разі відмови здобувача освіти від балів підсумкового контролю й за наявності допуску до іспиту/заліку. Під час складання семестрового іспиту/заліку здобувач освіти має можливість отримати максимум 100 балів.

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за національною шкалою	
	для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90-100	відмінно	зараховано
75-89	добре	
60-74	задовільно	
01-59	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання

Критерії оцінювання роботи здобувача освіти протягом семестру

Задовільно (60-74) - мати мінімум знань і умінь для забезпечення програмних результатів навчання. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи.

Добре (75-89) - знати основні теми дисципліни. Достатньо знати основні процеси, характерні для адитивного виробництва (деформації, формоутворення, утворення підтримок, основні моделі інструменту, процеси теплоутворення та тепловідведення в соплі екструдера, порядок розрахунку слайсінгу, основні види матеріалів АВ). Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи.

Відмінно (90-100) – мати знання, що дозволять самостійно, вільно та обґрунтовано відповідати на будь які питання щодо процесів адитивного виробництва, вміти розраховувати та призначати режими формоутворення, мати уявлення щодо оснащення адитивного виробництва. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи.

9. Політика навчального курсу

Відвідування занять. Регуляція пропусків. Інтерактивний характер курсу передбачає обов'язкове відвідування практичних занять. Здобувачі освіти, які за певних обставин не можуть відвідувати практичні заняття регулярно, повинні протягом тижня узгодити із викладачем графік індивідуального відпрацювання пропущених занять. Окремі пропущені заняття мають бути відпрацьовані на найближчій консультації протягом тижня після їх пропуску. Відпрацювання занять здійснюється усно у формі співбесіди за питаннями, визначеними планом заняття. В окремих випадках дозволяється письмове відпрацювання пропущених занять шляхом виконання індивідуального письмового завдання.

Дотримання вимог академічної доброчесності. Під час вивчення навчальної дисципліни здобувачі освіти мають дотримуватися загальноприйнятих морально-етичних норм і правил поведінки, вимог академічної доброчесності, передбачених Положенням про академічну доброчесність Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu/assets/files/polozhennya/polozhennya-pro-akademichnu-dobrochesnist.pdf>). Очікується, що роботи здобувачів освіти будуть їх оригінальними дослідженнями або міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикавання джерел, списування, втручання в роботу інших здобувачів освіти становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі здобувача освіти є підставою для її незарахування викладачем незалежно від масштабів плагіату чи обману.

Вирішення конфліктів. Порядок і процедури врегулювання конфліктів, пов'язаних із корупційними діями, зіткненням інтересів, різними формами дискримінації, сексуальними домаганнями, міжособистісними стосунками та іншими ситуаціями, що можуть виникнути під час навчання, а також правила етичної поведінки регламентуються Кодексом етичної поведінки в Національному аерокосмічному університеті «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu/ua/university/normativna-baza/ustanovchi-dokumenti/kodeks-etichnoi-povedinki/>).

10.Методичне забезпечення

1.Підручники, навчальні посібники, навчально-методичні посібники, конспекти лекцій, методичні рекомендації з проведення лабораторних робіт тощо, які видані в Університеті знаходяться за посиланням:

<https://learn.ztu.edu.ua/mod/url/view.php?id=100588>

<https://core.ac.uk/download/pdf/159820009.pdf>

2.Сторінка дисципліни знаходиться за посиланням:

<https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=5239>

11.Рекомендована література

Базова

1. Основи адитивного виробництва [Електронний ресурс] : підручник / В. Т. Сікульський, К. В. Майорова, Ю. В. Д'яченко, В. В. Нікічанов. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2024. – 74 с.
2. Ian Gibson, David Rosen & Brent Stucker. Additive Manufacturing Technologies. 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing, 2d ed., Springer Science, Business Media New York 2010, 2015.
3. David Ian Wimpenny, Pulak M. Pandey & L. Jyothish Kumar & Editors. Advances in 3D Printing & Additive Manufacturing Technologies. Springer Science, Business Media Singapore, 2017.
4. Chee Kai Chua, Chee How Wong and Wai Yee Yeong. Standards, Quality Control, and Measurement Sciences in 3D Printing and Additive Manufacturing. Elsevier Ltd. 2017
5. Adedeji Bodunde Badiru, Vhance V. Valencia, David Liu Additive Manufacturing Handbook: Product Development for the Defense Industry. Taylor & Francis Group, 2020. 924 p.

Допоміжна

1. Гибсон Я., Розен Д., Стакер Б. Технологія адитивного виробництва. Техносфера, 2016. – 657 с.
2. Аргонодуговая наплавка с прецизионным капельным дозированием электродного металла/ А. К. Горлов, Е. П. Рогачев, С. Н. Лашко. – Х.: Нац. Аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2015. – 100 с.

12. Інформаційні ресурси

- 1.Електронна бібліотека каф.104: //DOMIK/SHARED/Методические материалы
- 2.Система дистанційного навчання «Ментор». <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=5239>
3. What is additive manufacturing? <https://www.ge.com/additive/additive-manufacturing>
4. Additive manufacturing, explained. <https://mitsloan.mit.edu/ideas-made-to-matter/additive-manufacturing-explained>
5. Additive Manufacturing Technology. <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/additive-manufacturing-technology>
6. What is additive manufacturing? | GE Additive. <https://www.youtube.com/watch?v=EHvO-MlzAIM>
- 7.The Material Science of Metal 3D Printing. <https://www.youtube.com/watch?v=fzBRYsiyxJI>