

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет
“Харківський авіаційний інститут”

Кафедра космічної техніки та нетрадиційних джерел енергії (№ 402)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант ОП



Ігор ТАРАНЕНКО

«29» серпня 2025 р.

**СИЛАБУС ОBOB'ЯЗKОВОЇ
HABЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Проектування конструкцій ракетно-космічної техніки

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Спеціальність: 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка

Освітня програма: «Ракетно-космічна техніка»

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Силабус введено в дію з 01.09.2025

Харків – 2025 рік

Розробник:

к.т.н кафедри космічної техніки та
нетрадиційних джерел енергії (№ 402)



Сергій ЛОБОВ

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри космічної
техніки та нетрадиційних джерел енергії

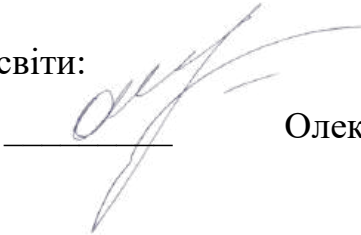
Протокол № __ 1 __ від «28» __ серпня ____ 2025 р.

В. о. завідувача кафедри к. т. н., доцент



Юрій ШЕПЕТОВ

Погоджено з представником здобувачів освіти:



Олександр ЛІСІН

1. Загальна інформація про викладача

	ПІБ: Лобов Сергій Олександрович
	Посада: доцент
	Науковий ступінь: канд. техн. наук
	Вчене звання: доцент
	Перелік дисциплін, які викладає: «Основи надійності НЕУ» «Технологічні іонно-плазмові установки» «Живлення і керування системами двигунів ЛА»
	Напрями наукових досліджень: - Екологічна безпека та ресурсозбереження
	Контактна інформація: s.lobov@khai.edu

2. Опис навчальної дисципліни

Форма здобуття освіти	Денна
Семестр	5-й
Мова викладання	Українська
Тип дисципліни	Обов'язкова
Обсяг дисципліни: кредити ЄКТС/ кількість годин	денна: 4 кредитів ЄКТС / 120 годин (32 аудиторних, з яких: лекції – 16, практичні – 16 СРЗ –88)
Види навчальної діяльності	Лекції, практичні (семінарські) заняття, самостійна робота
Види контролю	Поточний контроль, модульний контроль, семестровий контроль –іспит
Пререквізити	Загальна будова РКТ
Кореквізити	Проектування конструкцій РКТ (КП)
Постреквізити	Проектування композитних конструкцій РКТ

3. Мета та завдання навчальної дисципліни, переліки компетентностей та очікуваних результатів навчання

Метою навчальної дисципліни є формування системи знань і компетентностей з методів проектування конструкцій ракетно-космічної техніки, вибору конструктивно-силових схем, проведення розрахунків навантажень, забезпечення міцності та надійності виробів ракетно-космічного призначення на всіх етапах життєвого циклу.

Завдання: надати знання та практичні навички з проектування конструкцій ракетно-космічної техніки, вибору конструктивно-силових схем і матеріалів, виконання розрахунків міцності, жорсткості та стійкості елементів конструкцій

Компетентності, які набуваються:

Інтегральна компетентність: Здатність розв'язувати складні спеціалізовані та практичні задачі, пов'язані з створенням конструкцій ракетно-космічної техніки у тому числі із композиційних матеріалів, що передбачає застосування теорій та методів механічної інженерії, і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності (ЗК)

Після закінчення цієї програми здобувач освіти буде здатен:

- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;

- здатність до аналізу та синтезу технічних рішень;
- здатність використовувати інформаційні технології;
- здатність працювати в команді.

Спеціальні компетентності:

Після закінчення цієї програми здобувач освіти буде здатен:

- використовування математичного апарату під час вирішення завдань в області проєктування та виробництва конструкцій РКТ.
- проводити кваліфікований вибір класу матеріалів для деталей і виробів ракетно-космічної техніки на підставі знання основ будови металів та неметалів та методів модифікації їх властивостей.
- здатність здійснювати розрахунки елементів ракетно-космічної техніки на міцність.
- здатність проєктувати та здійснювати випробування елементів ракетно-космічної техніки, її обладнання, систем та підсистем.
- здатність використовувати теорії динаміки польоту та керування при проєктуванні об'єктів ракетно-космічної техніки.
- здатність використовувати відповідне програмне забезпечення (мови програмування, пакети) для розрахунків та проєктування конструкцій РКТ.

Програмні результати навчання:

- володіти навичками самостійного навчання та автономної роботи для підвищення професійної кваліфікації та вирішення проблем в новому або незнайомому середовищі.
- пояснювати вплив конструктивних параметрів елементів ракетно-космічної техніки на її льотно-технічні характеристики. Мати уявлення про методи забезпечення стійкості та керованості ракетно-космічної техніки.
- володіти навичками визначення навантажень на конструктивні елементи ракетно-космічної техніки на усіх етапах її життєвого циклу.
- застосовувати у професійній діяльності сучасні методи проєктування, конструювання та виробництва елементів та систем ракетно-космічної техніки.
- обчислювати напружено-деформований стан, визначати несучу здатність конструктивних елементів та надійність систем ракетно-космічної техніки. розуміти та обґрунтовувати послідовність проєктування, виробництва, випробування та (або) сертифікації елементів та систем ракетно-космічної техніки.
- розуміти структуру та принципи дії бортового обладнання ракетно-космічної техніки.
- розуміти та обґрунтовувати особливості конструкції та основні аспекти робочих процесів в системах та елементах ракетно-космічної техніки

4. Зміст навчальної дисципліни

Змістовний модуль №1

ТЕМА 1. Основи проєктування конструкцій ракетно-космічної техніки

Місце та роль конструкції у створенні ракетно-космічних систем. Етапи проєктування виробів РКТ. Технічне завдання та вихідні дані для проєктування. Критерії ефективності конструкцій: масова досконалість, надійність, технологічність, ремонтпридатність та економічність. Особливості проєктування ракет-носіїв, космічних апаратів і розгінних блоків.

Практична робота: Визначення основних проєктних параметрів ракетно-космічного виробу (аналіз технічного завдання, формування вихідних даних для проєктування, визначення основних масово-габаритних характеристик).

ТЕМА 2. Навантаження та впливи на конструкції РКТ

Класифікація навантажень. Статичні та динамічні навантаження. Аеродинамічні сили та моменти. Інерційні навантаження під час старту та польоту. Вібраційні й акустичні впливи. Температурні навантаження та вплив космічного середовища. Формування розрахункових випадків навантаження.

Практична робота: Розрахунок навантажень на конструкцію ракети-носія (визначення осьових сил і згинальних моментів, побудова епюр внутрішніх сил, аналіз найбільш навантажених перерізів).

ТЕМА 3. Матеріали конструкцій ракетно-космічної техніки

Вимоги до конструкційних матеріалів. Алюмінієві, титанові та магнієві сплави. Високоміцні сталі. Полімерні композиційні матеріали та сендвіч-панелі. Методи оцінювання механічних характеристик матеріалів. Критерії вибору матеріалів для різних елементів конструкцій.

Практична робота: Вибір конструкційних матеріалів для елементів РКТ (порівняння характеристик матеріалів, оцінювання питомої міцності та жорсткості, обґрунтування вибору матеріалу).

ТЕМА 4. Проєктування корпусів і тонкостінних оболонок

Циліндричні, конічні та сферичні оболонки. Напружено-деформований стан оболонок. Розрахунок на міцність і стійкість. Втрата стійкості тонкостінних елементів. Вибір геометричних параметрів оболонок. Конструктивні методи підвищення жорсткості.

Практична робота: Розрахунок тонкостінної циліндричної оболонки (визначення напружень від внутрішнього тиску, перевірка умов міцності, вибір товщини оболонки).

ТЕМА 5. З'єднання та стики конструкцій

Типи з'єднань у виробках РКТ. Болтові, заклепкові, зварні та клейові з'єднання. Стикові вузли ступенів ракет-носіїв. Герметичні з'єднання та ущільнення. Розрахунок міцності й довговічності стиків.

Практична робота: Проектування силового стику ступенів ракети (вибір конструктивного рішення, розрахунок навантажених елементів, оцінювання масової ефективності).

Змістовний модуль №2

ТЕМА 6. Проектування конструкцій космічних апаратів

Несучі конструкції космічних апаратів. Приладові та агрегатні платформи. Панельні та каркасні конструкції. Конструкції сонячних батарей і антен. Забезпечення жорсткості та точності взаємного розташування елементів.

Практична робота: Проектування конструкції космічного апарата (вибір силової схеми, розміщення обладнання, оцінювання жорсткості конструкції).

ТЕМА 7. Теплові аспекти проектування конструкцій

Теплові режими роботи конструкцій. Теплові деформації та напруження. Засоби теплового захисту. Багатошарова екранно-вакуумна ізоляція. Конструктивні рішення для забезпечення теплової стабільності космічних апаратів.

ТЕМА 8. Чисельне моделювання та комп'ютерне проектування

Сучасні CAD/CAE-системи в проектуванні РКТ. Побудова тривимірних моделей. Метод скінченних елементів. Створення розрахункових моделей конструкцій. Аналіз напружень, деформацій і власних частот коливань. Верифікація результатів розрахунків.

Практична робота: Створення 3D-моделі елемента конструкції РКТ (побудова геометричної моделі, формування складального креслення. підготовка конструкторської документації).

ТЕМА 9. Оптимізація конструкцій РКТ

Постановка задач оптимізації. Мінімізація маси конструкцій за умов забезпечення міцності та жорсткості. Параметрична та топологічна оптимізація. Багатокритеріальний аналіз конструктивних рішень.

Практична робота: Оптимізація конструкції за критерієм мінімальної маси (вибір змінних параметрів, пошук оптимального рішення, оцінювання ефективності конструкції.)

ТЕМА 10. Випробування та перспективні напрями розвитку конструкцій РКТ

Наземне експериментальне відпрацювання конструкцій. Статичні, динамічні та тепловакуумні випробування. Підтвердження розрахункових характеристик. Адитивні технології у ракетно-космічному машинобудуванні. Композитні та трансформовані конструкції нового покоління. Перспективи розвитку конструкцій ракетно-космічної техніки.

Теми для самостійної роботи

1. Історія розвитку конструкцій ракетно-космічної техніки та сучасні тенденції їх удосконалення.
2. Основні вимоги до конструкцій ракет-носіїв і космічних апаратів.
3. Аналіз навантажень, що діють на конструкції ракетно-космічної техніки на різних етапах польоту.
4. Сучасні конструкційні матеріали в ракетно-космічній галузі та перспективи їх застосування.
5. Композиційні матеріали в конструкціях ракет і космічних апаратів.
6. Конструктивно-силові схеми ракетних ступенів та особливості їх вибору.
7. Методи забезпечення міцності та стійкості тонкостінних оболонок.
8. Конструктивні особливості міжступеневих відсіків ракет-носіїв.
9. Сучасні технології виготовлення елементів конструкцій ракетно-космічної техніки.
10. Особливості проєктування конструкцій космічних апаратів різного призначення.
11. Сонячні батареї як елемент конструкції космічного апарата.
12. Тепловий захист ракетно-космічної техніки та сучасні теплозахисні матеріали.
13. Вплив космічного середовища на конструкційні матеріали та елементи конструкцій.
14. Застосування методу скінченних елементів у проєктуванні конструкцій РКТ.
15. Використання CAD/CAE-систем у ракетно-космічному машинобудуванні.
16. Методи оптимізації масових характеристик конструкцій ракетно-космічної техніки.
17. Забезпечення надійності та ресурсу конструкцій космічних апаратів.
18. Адитивні технології у виробництві елементів ракетно-космічної техніки.
19. Трансформовані та розгортні космічні конструкції.
20. Порівняльний аналіз конструкцій сучасних ракет-носіїв різних країн світу.
21. Особливості конструкцій багаторазових ракетно-космічних систем.
22. Перспективні напрями розвитку конструкцій ракетно-космічної техніки.
23. Аналіз конструктивних рішень сучасних космічних апаратів дистанційного зондування Землі, навігаційного та телекомунікаційного призначення.

5. Індивідуальні завдання

Не передбачено

6. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних робіт, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники).

7. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, звіти з виконання практичних завдань, фінальний контроль у вигляді іспиту.

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

Таблиця 8.1 – Розподіл балів, які отримують здобувачі освіти

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Виконання і захист практичних робіт	1,5...5	4	6...20
Модульний контроль	18...30	1	18...30
Змістовний модуль 2			
Виконання і захист практичних робіт	1,5...5	4	6...20
Модульний контроль	18...30	1	18...30
Усього за семестр			60...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 заліку складається з двох теоретичних питань. Максимальна кількість балів за відповідь на кожне теоретичне питання – 50 балів.

Критерії оцінювання роботи здобувача освіти протягом семестру

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- космічної техніки;
- вимоги, що висуваються до конструкцій ракет-носіїв, космічних апаратів та їхніх складових частин;
- основні конструктивно-силові схеми ракетно-космічної техніки та особливості їх застосування;
- види навантажень, що діють на конструкції під час виготовлення, транспортування, старту, польоту та експлуатації;
- основні характеристики конструкційних матеріалів, які використовуються в ракетно-космічній техніці;
- принципи забезпечення міцності, жорсткості, стійкості та довговічності конструкцій;
- методи розрахунку тонкостінних елементів, оболонок, панелей, шпангоутів і стрингерів;
- принципи забезпечення мінімальної маси конструкції при виконанні вимог міцності та надійності;
- основи автоматизованого проєктування та комп'ютерного моделювання конструкцій;
- вимоги стандартів до оформлення конструкторської документації.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- аналізувати технічне завдання та формулювати вимоги до конструкції виробу;
- розробляти конструктивно-силові схеми елементів ракетно-космічної техніки;
- визначати основні експлуатаційні навантаження та розрахункові режими;
- виконувати попередні проєктувальні та перевірочні розрахунки конструкцій;
- обґрунтовувати вибір конструкційних матеріалів залежно від умов роботи виробу;
- оцінювати міцність, жорсткість і стійкість елементів конструкції;
- використовувати сучасні CAD/CAE-системи для створення геометричних моделей та виконання інженерного аналізу;
- оцінювати масові характеристики конструкції та визначати шляхи їх оптимізації;
- розробляти та оформлювати конструкторську документацію відповідно до чинних стандартів;
- аналізувати ефективність прийнятих конструктивних рішень та пропонувати шляхи їх удосконалення.

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі практичні роботи. Виказати розуміння базових положень методики виконання розрахунків.

Добре (75 - 89). Засвоїти мінімум знань та умінь, виконати усі завдання, захистити всі практичні роботи та РР в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням прийнятих рішень. Виказати розуміння більшості всіх положень методики виконання розрахунків.

Відмінно (90 - 100). Повно знати основний та додатковий матеріал. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Виконати усі завдання, захистити всі практичні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням прийнятих рішень. Виказати якісне розуміння всіх положень методики виконання розрахунків.

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

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 здобувачами освіти під час вивчення навчальної дисципліни. 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, фабрикування 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. Проектування конструкцій ракетно-космічної техніки : метод. вказівки до практичних занять для студентів спеціальності 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка». Харків : ХАІ, 2024. 68 с.
2. Комп'ютерне моделювання конструкцій літальних апаратів у CAD/CAE-системах : метод. вказівки. Харків : ХАІ, 2023. 72 с.

11. Рекомендована література

Базова

1. Кривцов В. С., Джур Є. О., Кулик М. С. Конструкція та міцність літальних апаратів : навч. посіб. Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2004. 352 с.
2. Кривцов В. С., Джур Є. О., Кулик М. С. Основи проектування літальних апаратів : підручник. Харків : ХАІ, 2009. 408 с.
3. Конюхов С. М., Денисов О. В. Ракетно-космічна техніка України. Дніпро : Ліра, 2017. 540 с.
4. Белов Д. Г., Белан М. В., Безручко К. В. та ін. Сонячні енергосистеми космічних апаратів. Фізичне та математичне моделювання / за ред. С. М. Конюхова. Харків : ХАІ, 2000. 515 с.

Допоміжна

1. Джур Є. О., Кулик М. С. Конструкційні матеріали аерокосмічної техніки : навч. посіб. Харків : ХАІ, 2015. 280 с.
2. Білокінь В. І., Ткаченко В. В. Основи комп'ютерного проектування аерокосмічних конструкцій : навч. посіб. Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2018. 250 с.
3. Pisacane V. L. Fundamentals of Space Systems. 2nd ed. New York : Oxford University Press, 2016. 640 p.
4. Sutton G. P., Biblarz O. Rocket Propulsion Elements. 9th ed. Hoboken : John Wiley & Sons, 2017. 920 p.

Інформаційні ресурси

1. <https://library.khai.edu>
2. <https://ntrs.nasa.gov/>
3. <https://www.esa.int/>
4. <https://www.nbu.gov.ua/>
5. <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=8389>