


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

Кафедра конструкцій і проектування ракетної техніки (№ 401)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Гарант освітньої програми

  
(підпис) Владислав СЕРЕДА  
(ініціали та прізвище)  
« 31 » \_\_\_\_\_ 08 \_\_\_\_\_ 2023 р.

## **СИЛАБУС ОBOB'ЯЗKОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Схеми постачання палива ракетних двигунів  
(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: Ракетні двигуни та енергетичні установки  
(найменування освітньої програми)


**Форма навчання: денна**

**Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)**

**Силабус введено в дію з 01.09.2023 року**

**Харків – 2023 р.**

Розробник: Колоскова Г.М. к.т.н., доц.  
(прізвище та ініціали, посада, наукова ступінь та вчене звання)

  
(підпис)

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри конструкцій і проектування ракетної техніки (№ 401)

Протокол № 1 від «31» серпня 2023 р.

Зав. кафедри канд. техн. наук, доцент  
(наукова ступінь та вчене звання)

  
(підпис)

Ганна КОЛОСКОВА  
(ініціали та прізвище)

## 1. Загальна інформація про викладача



Колоскова Ганна Миколаївна, к.т.н.

Викладає в університеті з 2005 року.

Читає наступні дисципліни:

- Загальна будова АРКТ;
- Конструкція РРД;
- Комплекси ЛА;
- Планування, організація і звітність науково-дослідної діяльності.

Напрями наукових досліджень:  
Міцність багатошарових елементів ракет отриманих комбінацією полімерів і металів за різних видів навантажень з урахуванням різноманітності їх структур

## 2. Опис навчальної дисципліни

**Семестр, в якому викладається дисципліна** – 7 семестр.

**Обсяг дисципліни:**

4 кредити ЄКТС (120 годин), у тому числі аудиторних – 56 годин, самостійної роботи здобувачів – 64 годин.

**Форми здобуття освіти**

Денна, дистанційна, дуальна.

**Дисципліна** – обов'язкова.

**Види навчальної діяльності** – лекції, практичні роботи, самостійна робота здобувача.

**Види контролю** – поточний, модульний та підсумковий (семестровий) контроль (іспит).

**Мова викладання** – українська.

**Необхідні обов'язкові попередні дисципліни (пререквізити)** – Конструкція і проектування рідинних ракетних двигунів,

**Необхідні обов'язкові супутні дисципліни (кореквізити)** – Конструкція і проектування турбонасосних агрегатів

### 3. Мета та завдання навчальної дисципліни

#### Мета

Ознайомити студентів з існуючими системами постачання палив в рідинних ракетних двигунах, агрегатами цих систем та методами їх розрахунку.

#### Завдання

Надати необхідне розуміння сутності роботи систем постачання палива; засвоїти інженерні методи розрахунку елементів систем постачання палива в різноманітних конструкціях двигунів на рідкому паливі.

Після опанування дисципліни здобувач набуде наступні **компетентності**:

- Практичне користування сучасною українською мовою у сфері ділового та професійного (науково-технічного) спілкування.
- Здатність призначати матеріали для елементів конструкції авіаційної та ракетно-космічної техніки.
- Знання робочих процесів у системах та елементах авіаційної та ракетно-космічної техніки.
- Здатність проектувати та проводити випробування елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки, її обладнання, систем та підсистем.
- Знання існуючих та сучасних системи і агрегатів постачання палива в ракетних двигунах на рідкому паливі, їх схеми, характеристики, об'єкти застосування;
- Знання основи теорії лопаткових машин; методи і способи розрахунків турбонасосних агрегатів
- Усвідомлення робочих процесів у системах та елементах авіаційної та ракетно-космічної техніки, необхідних для розуміння, опису, вдосконалення об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки з використанням новітніх технологій;

Очікується, що після опанування дисципліни здобувач будуть досягнуті наступні **результати навчання** і він буде:

- Застосовувати сучасні методи проектування, конструювання та виробництва елементів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки.
- Пояснювати особливості конструкції та основні аспекти робочих процесів в системах та елементах авіаційної та ракетно-космічної техніки.
- Розуміти принципи механіки рідини та газу, зокрема, гідравліки, аеродинаміки (газодинаміки)
- Вибирати за вихідними даними до двигуна систему постачання його палива, основні її характеристики
- Розраховувати основні показники і параметри систем постачання палива.

## 4. Зміст навчальної дисципліни

### Модуль 1

#### Змістовий модуль 1. Основи теорії лопаткових машин.

##### **ТЕМА 1. Класифікація лопаткових машин та основні їх показники.**

- *Форма занять:* лекція, практична робота, самостійна робота.
- *Обсяг аудиторного навантаження:* 4 години.
- *Практична робота:* Параметри лопаткових машин
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти):* комп'ютер

Класифікація лопаткових машин. Машини-двигуни та виконуючі-машини. Радіальні та осьові лопаткові машини. Машини з різним числом ступеней. Основні етапи розвитку. Основні властивості. Плaskі лопаткові грати та їх параметри: параметри профілю лопатки, вхідний і вихідний фронти, вхідні і вихідні кути профілю, відстань грати, її ширина. Форми міжлопаткового каналу.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів:* 5 годин.

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Загальні вимоги до лопаткових машин

##### **ТЕМА 2. Кінематичні співвідношення в лопаткових машинах. Рівняння Ейлера для лопаткових машин.**

- *Форма занять:* лекція, практична робота, самостійна робота.
- *Обсяг аудиторного навантаження:* 8 годин.
- *Практична робота:* Побудова плану швидкостей на вході та виході з лопаткової машини
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти):* комп'ютер

Основні відомості про кінематичні співвідношення. Вхід до колеса. Течія в міжлопаткових каналах колеса та на виході із нього. Побудова трикутників швидкості.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів:* 5 годин.

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Основні співвідношення що виникають з закону збереження енергії

##### **ТЕМА 3. Сили, що діють на лопатки лопаткових машин.**

- *Форма занять:* лекція, практична робота, самостійна робота.
- *Обсяг аудиторного навантаження:* 6 годин.
- *Практична робота:* Визначення сил що діють в лопаткових машинах
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти):* комп'ютер

Рівняння Ейлера. Аналіз рівняння Ейлера. Сили, що діють на лопатки осьової машини. Осьові та радіальні сили, що діють на робоче колесо. Циркуляційні сили та

момент від них. Сили, що діють на лопатки радіальних машини. Коріолісови сили та момент від них. Співвідношення між циркуляційними та коріолісовими силами в радіальних машинах.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 10 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Урахування тривимірності течії в лопаткових машинах

#### **ТЕМА 4. Втрати в лопаткових машинах.**

- *Форма занять:* лекція, практична робота, самостійна робота.
- *Обсяг аудиторного навантаження:* 6 годин.
- *Практична робота:* Розрахунок втрат, потужностей та ККД
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти):* комп'ютер

Класифікація основних видів втрат. Внутрішні втрати: гідравлічні і дискові. Швидкісні вихідні втрати. Втрати від витoku робочого тіла. Механічні (зовнішні) втрати. Коефіцієнти, що характеризують втрати та зв'язок між ними. Баланс потужностей ТНА. Гідравлічний ККД. Коловий ККД турбіни. Внутрішній, дисковий та механічний ККД. Потужнісний та витратний ККД.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 10 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Подібність лопаткових машин

#### **Модульний контроль 1**

- *Форма занять:* написання модульної роботи в аудиторії (за рішенням лектора допускається проведення у дистанційній формі).
- *Обсяг аудиторного навантаження:* 1 година
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти):* відсутні.
- *Обсяг самостійної роботи здобувачів – 2 години (підготовка до модульного контролю).*

### **Змістовий модуль 2. Розрахунок насосів турбонасосних агрегатів**

#### **ТЕМА 1. Загальний устрій і склад насосів.**

- *Форма занять:* лекція, практична робота, самостійна робота.
- *Обсяг аудиторного навантаження:* 8 годин.
- *Практична робота:* Визначення кутової швидкості насосів.
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти):* комп'ютер

Робочі органи. Гідравлічні втрати. Схема устрою. Підводи насосу. Робочі колеса. Теоретичний напір з урахуванням кінцевого числа лопаток. Відведення насоса. Безлопатковий кільцевий дифузор. Кільцевий лопатковий дифузор.

Спіральний збірник. Конічний дифузор. Втрати у відведеннях. Гідравлічні втрати та гідравлічний ККД. Втрати на відведення. Дискові та механічні втрати. ККД насоса.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 10 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Різновиди насосів. Особливості конструкції поршневих насосів

## **ТЕМА 2. Енергетичні характеристики насосів.**

- *Форма занять:* лекція, практична робота, самостійна робота.

- *Обсяг аудиторного навантаження:* 6 годин.

- *Практична робота:* Розрахунок шнеку і вхід у відцентрове колесо.

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

Загальні поняття про енергетичні характеристики насосів, їх вигляд і принципи побудови.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 10 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Визначення енергетичних характеристик

## **ТЕМА 3. Кавітація в насосах.**

- *Форма занять:* лекція, практична робота, самостійна робота.

- *Обсяг аудиторного навантаження:* 8 годин.

- *Практична робота:* Кавітаційний розрахунок

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

Основні поняття. Кавітація в шнеці. Зривна кавітаційна характеристика насоса. Коефіцієнт кавітації, зривний кавітаційний запас, кавітаційний коефіцієнт швидкохідності. Антикавітаційні властивості шнековідцентрового насоса. Визначальні параметри. Умови роботи насоса без кавітаційного зриву. Вплив параметрів насосної системи та компонента, що перекачується на тиск у баці. Забезпечення високої антикавітаційної якості шнековідцентрового насоса.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 10 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Визначення параметрів оптимізації.

Взаємозв'язок фізичних властивостей речовин що перекачується та кавітації

## **Модульний контроль 2.**

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

- *Обсяг аудиторного навантаження:* 1 година

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

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів* – 2 години (підготовка до модульного контролю).

### 5. Індивідуальні завдання

Розрахункова робота на тему: «Розрахунок турбонасосного агрегату»

### 6. Методи навчання

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

### 7. Методи контролю

Проведення поточного контролю (теоретичне опитування й розв'язання практичних завдань), письмового модульного контролю (тестування за розділами курсу), підсумковий контроль у вигляді іспиту.

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

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
<b>Змістовний модуль 1</b>			
Виконання і захист лабораторних робіт	0...6	4	0...24
Модульний контроль	0...26	1	0...26
<b>Змістовний модуль 2</b>			
Виконання і захист лабораторних робіт	0...8	3	0...24
Модульний контроль	0...26	1	0...26
<b>Усього за семестр</b>			<b>0...100</b>

### Прийнята шкала оцінювання

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

Семестровий контроль (іспит/залік) 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 має тестовий вигляд. Складається з 25 теоретичних запитань. Максимальна кількість балів за кожне питання 4 бали (сума – 100 балів).

### **Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру**

**Задовільно (60-74).** Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати всі практичні роботи. Знати існуючі та сучасні системи і агрегати постачання палива в ракетних рідинних двигунах (РРД), їх схеми, характеристики та об'єкти застосування.

**Добре (75 - 89).** Твердо знати мінімум знань, виконати усі передбачені програмою завдання. Володіти матеріалом на середньому рівні. Показати вміння виконувати всі практичні та лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням загальних рішень та заходів. Вміти вибрати за вихідними даними до двигуна систему постачання його палива, основні її характеристики, розрахувати основні показники і параметри системи і турбонасосного агрегату.

**Відмінно (90 - 100).** Повністю володіти основним та додатковим матеріалом передбаченим програмою дисципліни. Вміти виконати та добре орієнтуватися в матеріалах стосовно розрахунку основних показників і параметрів системи і турбонасосного агрегату, вміти виконати загальний вигляд ТНА. Вміти пояснити отримані результати. Здати всі контрольні точки вчасно та з оцінкою «відмінно».

## **9. Політика навчального курсу**

Відпрацювання пропущених занять відбувається відповідно до розкладу консультацій, за попереднім погодженням з викладачем. Питання, що стосуються академічної доброчесності, розглядає викладач або за процедурою, визначеною у Положенні про академічну доброчесність.

## **10. Методичне забезпечення та інформаційні ресурси**

1. Ракетно-коосмічна техніка <https://old.yuzhnoye.com/ua/technique/> [Електронний ресурс]

## **11. Рекомендована література**

### **Базова**

1. Срібнюк С.М. Насоси і насосні установки. Центр навчальної літератури (ЦУЛ) 2019, – 312с
2. John B. Heywood, Internal Combustion Engine Fundamentals, 2nd Edition, 2018
3. Alessandro de Iaco Veris Fundamental Concepts of Liquid-Propellant Rocket Engines 2020. 747p.
4. David Altman. Liquid Propellant Rockets. 2015. 198
5. Jim Ras. Design of Liquid Propellant Rocket Engines. 2016. 414p.

### **Допоміжна**

1. George Paul Sutton. History of Liquid Propellant Rocket Engines. 2006. 919p.
2. Liquid Rocket and Propellants. Edit. L.E. Bollinger. 2013. 698p.
3. James R Ph D, James R. Design of Liquid-Fueled Rocket Engines. 2017. 202p.
4. Andrew M. Brown. Structural Dynamics of Liquid Rocket Engines 2023. 167p.