

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)

В.О.Середа
(ініціали та прізвище)

«_____» _____ 2021 р.

СИЛАБУС ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Випробування ракетних двигунів

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка

(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: Ракетні двигуни та енергетичні установки

(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Силабус введено в дію з 01.09.2021 року

Харків – 2021 р.

Розробник: Грищенко О.В. старший викладач каф.401
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання)


(підпис)

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

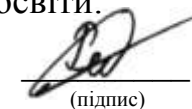
Протокол № 1 від « 27 » серпня 2021 р.

В.о. завідувача кафедри д.т.н., доцент
(науковий ступінь та вчене звання)


(підпис)

В.О.Середа
(ініціали та прізвище)

Погоджено з представником здобувачів освіти:


(підпис)

М.В.Ремезок
(ініціали та прізвище)

1. Загальна інформація про викладача



Грищенко Олександр
Володимирович, старший
викладач. З 2008 з року викладає
в університеті наступні
дисципліни:

- автоматичне регулювання ракетних двигунів;
- конструкція і проектування турбонасосних агрегатів;
- випробування ракетних двигунів;
- основи автоматики.

Напрями наукових
досліджень: методи аналогового
акустичного моделювання
високочастотної нестійкості
камер рідинних ракетних
двигунів.

2. Опис навчальної дисципліни

Семестр, в якому викладається дисципліна – 2 семестр.

Обсяг дисципліни:

4,5 кредитів ЄКТС (135 годин), у тому числі аудиторних – 24 години, самостійної роботи здобувачів – 111 годин.

Форми здобуття освіти

Денна, дистанційна, дуальна.

Дисципліна – вибіркова.

Види навчальної діяльності – лекції, лабораторні 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 ракетних двигунів.

Необхідні обов'язкові супутні дисципліни (кореквізити) – живлення та управління ракетних двигунів.

3. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета

Формування комплексу знань основних положень теорії надійності та випробувань ракетних двигунів, вміння застосовувати їх для вирішення практичних задач, володіти навичками типових розрахунків надійності ракетних двигунів та інших систем літальних апаратів.

Завдання

Розширити та поглибити здатність студентів готувати і виконувати наукові та експериментальні дослідження, обробку і аналіз їх результатів, використовувати автоматизовані системи реєстрації та обробки інформації.

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

- здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу;
- здатність до проведення досліджень для розв'язання складних задач у професійній (науково-технічній) діяльності;
- здатність генерувати нові ідеї та реалізувати їх у вигляді інноваційних рішень, працюючи у команді з залученням представників інших професійних груп;
- навички використання новітніх інформаційних технологій;
- здатність до подальшого автономного та самостійного навчання на основі новітніх науково-технічних досягнень;
- здатність ставити та вирішувати професійні задачі на основі знань та розуміння гідравлічних, пневматичних, електричних та електронних схем.

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

- вміти критично осмислювати проблеми ракетно-космічної техніки, у тому числі на межі із суміжними галузями, інженерними науками, фізикою, хімією, екологією, економікою;
- вміти використовувати новітнє спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язання складних задач у професійній (науково-технічній) діяльності відповідно до освітньої програми;
- розуміти принципи та навички обґрунтованого призначення показників якості об'єктів ракетно-космічної техніки;
- мати навички організації виконання складних завдань у професійній діяльності шляхом послідовного та якісного виконання їхніх окремих етапів, в тому числі з залученням колективу виконавців;
- вміти застосовувати сучасні методи та засоби конструкторсько-технологічної підготовки виробництва, в тому числі

комп'ютеризованого випробування елементів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки для сучасного обладнання з числовим програмним керуванням;

- вміти використовувати на практиці сучасні методи, способи та засоби випробування та (або) сертифікації елементів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки для різних типів промислового виробництва;
- вміти аналізувати ризики загроз і небезпек на робочих місцях та виробничих об'єктах, розробляти та проводити заходи щодо усунення причин нещасних випадків, впроваджувати організаційні і технічні заходи з метою поліпшення безпеки праці, використовуючи нормативну базу, сучасні методи і методики.

4. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовний модуль 1.

Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни «Випробування ракетних двигунів»

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 1 година.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Предмет вивчення і задачі дисципліни. Місто дисципліни у навчальному плані. Завдання, які стоять перед розробниками ракетної та космічної техніки. *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 2 години.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Історичний огляд розвитку систем випробування РД.

Тема 2. Види випробувань РД та їх призначення.

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 1 година.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Класифікація видів вогневих випробувань РД. Класифікація видів вогневих випробувань РД за містом проведення, за об'єктом, мети випробування.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 8 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Види випробувань РД та їх призначення. Особливості випробування РД. Особливості випробування РД та вимоги до випробувального устаткування, які пов'язані з випробуваннями.

Модульний контроль 1

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

Підготовка до модульного контролю.

Змістовний модуль 2.

Тема 3. Теоретичні питання випробувань.

Форма занять: *лекція, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 1 година.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Загальна схема вимірювань параметрів РРД. Облік помилок вимірювання. Окреслення довірчого інтервалу при малому числі вимірювань. Помилки непрямих вимірювань. Приведення результатів випробувань до номінальних умов.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 20 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Вивчення теоретичних питань випробувань. Загальні знання про вимірювання при випробуваннях РД та про помилки випробувань. Причини, які викликають помилки вимірювань параметрів РД при вогневих випробуваннях. Регресійний аналіз результатів випробувань. Вибір виду математичної моделі процесу (графічний та аналітичні). термінів та визначень.

Тема 4. Вогневі випробування РД та їх особливості.

Форма занять: *лекція, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 1 година.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Динамічні помилки вимірювань параметрів РД при вогневих випробуваннях. Причини появи динамічних помилок. Методи експериментального визначення динамічних характеристик засобів вимірювання.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 20 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Опрацювання результатів випробувань з використанням обраних математичних моделей. Вивчення методів згладжування експериментальних даних. Метод найменших квадратів. Метод середніх. Аналітичне згладжування. Критерії

цінності одержаних математичних моделей. Критерії Кокрена, Фішера та їх використання. Оформлення лабораторної роботи та підготовка до її здачі.

Модульний контроль 2

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

- *Обсяг аудиторного навантаження: 2 години.*

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

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів – за необхідністю.*

Підготовка до модульного контролю.

Модуль 2.

Змістовний модуль 3.

Тема 5. Метрологічне забезпечення вогневих випробувань РД.

- *Форма занять: лекція, лабораторні роботи, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 7 годин.*

- *Лабораторні роботи: «Визначення динамічних характеристик термоперетворювачів», «Засоби вимірювання тиску в процесах, які змінюються повільно», «Вивчення термоперетворювачів та їх градуїровка».*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): Стенди експериментального отримання характеристик термоперетворювачів, вимірювання тиску в процесах, які змінюються повільно, термоперетворювачі .*

Вимірювання тиску. Засоби та методи вимірювання тиску, який змінюється повільно. Засоби та методи вимірювання тиску, який змінюється швидко. Засоби вимірювання тиску, які використовуються у галузі. Вимірювання зусилля. Гідромеханічні методи вимірювання зусилля. Електричні методи. Засоби прямого перетворення, повної та неповної компенсації. Вимірювання імпульсу реактивного зусилля. Вимірювання температур. Контактні та безконтактні методи вимірювання температур. Особливості вимірювання температур поверхонь конструкції та потоків газу і рідини, які рухаються. Вимірювання витрати газу та рідини. Тахометричні вимірювачі витрати. Вимірювачі, які звужують потік газу та рідини.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 17 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Вивчення оснащення стендів для вимірювання імпульсу реактивного зусилля, вимірювання імпульсу зусилля за допомогою балістичного маятника.

Тема 6. Випробувальні комплекси, стенди та установки.

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

- *Обсяг аудиторного навантаження: 3 години.*

- *Лабораторна робота «Експериментальне визначення параметрів РД при вогневих стендових випробуваннях та приведення їх до номінальних умов»*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): стенд вогневих випробувань РД.*

Стенди та види стендів. Устаткування випробувальних стендів. Тяговимірвальні верстати вогневих стендів. Засоби та методи імітації висотних умов роботи РРД. Спеціальні стендові системи.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 18 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Вивчення випробувальних комплексів, стендів та установок. Випробувальні комплекси. Склад та загальне планування випробувальних комплексів.

Модульний контроль 3

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

- *Обсяг аудиторного навантаження: 2 години*

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

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів – за необхідністю.*

Підготовка до модульного контролю.

Змістовний модуль 4.

Тема 7. Автономні випробування агрегатів РД.

Форма занять: лекція, самостійна робота.

- *Обсяг аудиторного навантаження: 1 година.*

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

Засоби вимірювання основних параметрів насосів з метою одержання основних їх характеристик. Методика опрацювання результатів автономних випробувань насосів РРД. Опрацювання результатів випробувань насосів. Приведення результатів випробувань до номінальних умов. Вимоги, щодо точності опрацювання результатів випробувань та графічного представлення характеристик насосів.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 6 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Ознайомлення з автономними випробуваннями агрегатів РД. Вивчення устаткування та методів проведення агрегатних випробувань РРД. Ознайомлення зі стендом для проведення агрегатних випробувань насосів РРД.

Тема 8. Льотні випробування ракетних двигунів.

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 1 година.*

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

Вимірювання основних характеристик РРД: час формування та проходження команд керування РРД, час роботи ракетного двигуна . Визначення тяги двигуна та питомого імпульсу. Визначення тяги РД про даним телевимірювальної станції (експрес-аналіз, точний методи). Визначення тяги по даним вимірювань зовнішньої траєкторії польоту ракети.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 20 години.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Ознайомлення з системою телевимірювань щодо льотних вимірювань параметрів РД.

Модульний контроль 4

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

- *Обсяг аудиторного навантаження: 2 години*

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

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів – за необхідністю.*

Підготовка до модульного контролю.

5. Індивідуальні завдання

Не передбачено навчальним планом

6. Методи навчання

Словесні, наочні, практичні.

7. Методи контролю

Поточний контроль (захист лабораторних робіт), модульний контроль (тестування за розділами курсу) та підсумковий (семестровий) контроль (іспит).

8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Модуль 1			
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...1	1	0...1(максимальна кількість балів за цим показником)
Модульний контроль	0...19	1	0...19
Змістовний модуль 2			

Робота на лекціях	0...1	1	0...1
Модульний контроль	0...19	1	0...19
Модуль 2			
Змістовний модуль 3			
Робота на лекціях	0...1	1	0...1
Виконання і захист лабораторних робіт	0...5	4	0...20
Модульний контроль	0...19	1	0...19
Змістовний модуль 4			
Робота на лекціях	0...1	1	0...1
Модульний контроль	0...19	1	0...19
Усього за семестр			0...100

Прийнята шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка для екзамену
90-100	відмінно
75-89	добре
60-74	задовільно
01-59	незадовільно з можливістю повторного складання

Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з 2-х теоретичних запитань, максимальна кількість балів за кожне запитання – 50.

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи з оцінкою «задовільно». Вміти самостійно вибрати необхідні види випробувань ракетних двигунів та їх агрегатів залежно від призначення випробувань. Вміти розробляти загальні схеми вимірювання основних параметрів ракетних двигунів. Вміти розраховувати облік помилок вимірювання.

Добре (75 - 89). Твердо знати мінімум знань, виконати та захистити всі лабораторні роботи з оцінкою «добре». Показати вміння виконувати та захищати всі лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Вміти виконувати розрахунки динамічних помилок та приведення результатів випробувань до номінальних умов.

Відмінно (90 - 100). Повно знати основний та додатковий матеріал. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Досконально знати усі методи проведення стендових, автономних та льотних випробувань ракетних двигунів та методів опрацювання результатів.

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

Підручники, навчальні посібники, навчально-методичні посібники, конспекти лекцій, методичні рекомендації з проведення лабораторних робіт тощо, які видані в Університеті знаходяться за посиланням: на сайті кафедри www.k401.khai.edu, розділ літератури.

11. Рекомендована література

Базова

1. Испытания ЖРД [Текст] /А.Е.Жуковский и др. М.: Машиностроение, 1981. – 199 с.
2. Преображенский В.П. Теплотехнические измерения и приборы [Текст].– М.: Энергия, 1978.– 703 с.
3. Луарсабов К.А. и др. Летные испытания ЖРД [Текст]. – М.: Машиностроение, 1977. – 190 с.
4. Шишков А.А., Силин Б.М. Высотные испытания реактивных двигателей [Текст].- М.: Машиностроение, 1985. – 208 с.

Допоміжна

1. Спесивцев В.В. Испытания ракетных двигателей. Измерение расхода рабочего тела. Настройка гидравлического сопротивления тракта агрегата [Текст]: учеб. пособие / В.В. Спесивцев. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т им. Н.Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2012. – 40 с.
2. Спесивцев В.В. Математическая обработка результатов измерений при испытаниях объектов авиационно-космической техники [Текст]: учеб. пособие / В.В. Спесивцев. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т им. Н.Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2001. – 59 с.
3. Галлеев А.Г. Методология экспериментальной отработки ЖРД и ДУ, основы проведения испытаний и устройства испытательных стендов [Текст]: монография / А.Г. Галлеев, В.Н. Иванов, А.В. Катенин, В.А. Лысейкин, В.П. Пикалов, А.Д. Поляхов, Г.Г. Сайдов, А.А. Шибанов. – Киров: МЦНИП, 2015. – 436 с.
4. Rocket Propulsion Elements. George P.Sutton, Oscar Biblarz. Jhon Wiley @ Sons, Inc. 201. – 786 p.

