

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

Кафедра «Теорія авіаційних двигунів» (№ 201)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми



(підпис)

Л. Г. Бойко
(ініціали та прізвище)

«_____» _____ 2025 р.

**СИЛАБУС ОBOB'ЯЗKОВОЇ
HABЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Методи розрахунку та проєктування лопатевих машин

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: G «Інженерія, виробництво та будівництво»

Спеціальність: G11 Машинобудування (спеціалізація G11.02 Двигуни та енергетичні установки)

Освітня програма: Газотурбінні установки і компресорні станції

Форма навчання: денна, дистанційна, дуальна

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Силабус введено в дію з 01.09.2025 року

Харків 2025 рік

Розробник: Бойко Л.Г., професор кафедри 201, д-р.техн. наук., професор
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання)


(підпис)

Силабус розглянуто на засіданні кафедри Теорії авіаційних двигунів (201)
(назва кафедри)

Протокол № 1 від «28» серпня 2025 р.

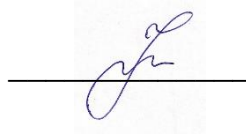
Завідувач кафедри канд. техн. наук, доцент
(науковий ступінь та вчене звання)


(підпис)

О.В. Кіслов
(ініціали та прізвище)

Погоджено з представником здобувачів освіти:

Староста групи 261



П.Є. ГОРБОВА

1. Загальна інформація про викладача



Бойко Людмила Георгіївна
 Професор кафедри теорії авіаційних двигунів
 Науковий ступінь: – доктор технічних наук
 Вчене звання: – професор
 Викладацький стаж більше 30 років
 Перелік дисциплін, які викладає:
 Теорія лопаткових машин;
 Нагнітачі природнього газу;
 Методи розрахунку і проектування лопаткових машин;
 Газодинамічна нестійкість турбокомпресорів;
 Робочі процеси авіаційних двигунів;
 Робочі процеси відцентрових компресорів і насосів;

Напрями наукових досліджень: теорія лопаткових машин проектування високонапірних ступенів осьових компресорів і багатоступеневих машин, математичне моделювання параметрів і характеристик ГТД з повінцевим описом лопаткових машин

2. Опис навчальної дисципліни

Форми здобуття освіти	Денна, дистанційна, дуальна
Семестр	2 семестр
Мова викладання	Українська
Тип дисципліни	Обов'язкова
Обсяг дисципліни	4,5 кредитів ЄКТС (135 годин), у тому числі аудиторних – 48 годин, 87 годин самостійної роботи здобувачів .
Види навчальної діяльності	Лекції, лабораторні, самостійна робота здобувача
Види контролю	Поточний, модульний та підсумковий (семестровий) контроль (іспит)
Пререквізити	Технічна термодинаміка, Гідрогазодинаміка, Теорія ГТД, Теорія та розрахунок лопаткових машин
Кореквізити	Конверсія авіаційних двигунів в енергоустановки, Газодинамічна нестійкість турбокомпресорів
Постреквізити	Переддипломна практика, Дипломне проектування

3. Мета та завдання навчальної дисциплін

Мета: теоретично і практично підготувати майбутніх фахівців до розрахунку та проектування лопатевих машин за допомогою чисельних методів розрахунку течії потоку газу в лопатевих машинах.

Завдання: надання знань про сучасні методи математичного моделювання газових потоків, класифікацію математичних моделей газового потоку, роль та місце математичних моделей різного рівня складності при проектуванні лопатевих машин

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

Інтегральна компетентність:

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі і практичні проблеми у галузі газотурбобудування та машинобудування енергетичного обладнання компресорних станцій або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій лопаткових машин, газотурбінних двигунів, тепломасообміну, технічної термодинаміки, гідрогазодинаміки, технічної механіки та методів відповідних наук і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності:

- **ЗК3.** Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- **ЗК4.** Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
- **ЗК8.** Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
- **ЗК9.** Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
- **ЗК10.** Здатність працювати в команді.
- **ЗК11.** Навички міжособистісної взаємодії.
- **ЗК14.** Навички здійснення безпечної діяльності.
- **ЗК15.** Здатність забезпечувати якість виконуваних робіт.
- **ЗК16.** Прагнення до збереження навколишнього середовища.

Спеціальні (фахові) компетентності:

- **ФК1.** Здатність продемонструвати систематичне розуміння ключових аспектів та концепції розвитку газотурбобудування та машинобудування енергетичного обладнання компресорних станцій.

- **ФК2.** Здатність застосовувати свої знання і розуміння для визначення, формулювання і вирішення інженерних завдань з використанням теоретичних і експериментальних методів дослідження процесів в газотурбінних установках та енергетичному обладнанні компресорних станцій.

- **ФК3.** Здатність аналізувати інформацію з літературних джерел, здійснювати патентний пошук, а також використовувати бази даних та інші джерела інформації для здійснення професійної діяльності.

- **ФК5.** Здатність розробляти енергозберігаючі технології та енергоощадні заходи під час проєктування та експлуатації газотурбінної техніки і енергетичного обладнання компресорних станцій.

- **ФК7.** Здатність брати участь у роботах з розробки і впровадження теплотехнологічних процесів при проєктуванні газотурбінної техніки та енергетичного обладнання компресорних станцій, перевіряти якість монтажу й налагодження при випробуваннях і здачі в експлуатацію нових газотурбінних установок та енергетичного обладнання компресорних станцій.

- **ФК8.** Здатність визначати режими експлуатації газотурбінних установок та енергетичного обладнання компресорних станцій і застосовувати способи раціонального використання сировинних, енергетичних та інших видів ресурсів.

- **ФК10.** Здатність забезпечувати моделювання об'єктів і процесів з використанням стандартних і спеціальних пакетів програм та засобів автоматизації інженерних розрахунків, проводити експерименти за заданими методиками з обробкою й аналізом результатів.

- **ФК12.** Здатність брати участь у роботі над інноваційними проєктами, використовуючи методи дослідницької діяльності, здатність продемонструвати передові знання в газотурбобудуванні.

Очікується, що після опанування дисципліни здобувачем будуть досягнуті наступні **програмні результати навчання**:

Знання і розуміння:

– **ПРН 1.** Демонструвати знання і розуміння математики, фізики, технічної термодинаміки, гідрогазодинаміки, теорій лопаткових машин, газотурбінних двигунів і тепломасообміну, технічної механіки, конструкційних матеріалів, систем автоматизованого проєктування енергетичних машин на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньої програми.

– **ПРН 3.** Виявляти розуміння широкого міждисциплінарного контексту спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» і освітньої програми «Газотурбінні установки і компресорні станції».

Інженерний аналіз

– **ПРН 4.** Застосовувати процеси, системи, обладнання, інженерні технології відповідно до потреб газотурбобудування та машинобудування енергетичного обладнання компресорних станцій; обирати і застосовувати придатні типові розрахункові та експериментальні методи; правильно інтерпретувати результати досліджень.

– **ПРН 5.** Виявляти, формулювати і вирішувати інженерні завдання відповідно до потреб газотурбобудування та машинобудування енергетичного обладнання компресорних станцій; розуміти важливість нетехнічних (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) обмежень.

Проектування

– **ПРН 6.** Розробляти і проектувати газотурбінні установки та енергетичне обладнання компресорних станцій, що задовольняють конкретним вимогам, які можуть включати обізнаність про нетехнічні (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) аспекти; обрання і застосовування адекватної методології проектування.

– **ПРН 7.** Застосовувати сучасні комерційні та авторські програмні продукти при проектуванні об'єктів газотурбобудування та енергетичного машинобудування.

Дослідження

– **ПРН 9.** Застосовувати нормативні документи і правила техніки безпеки при вирішенні професійних завдань.

– **ПРН 10.** Планувати і виконувати експериментальні дослідження за допомогою інструментальних засобів (вимірювальних приладів), оцінювати похибки проведення досліджень, робити висновки.

Інженерна практика

– **ПРН 11.** Виявляти розуміння методик проектування і досліджень в галузі газотурбобудування та машинобудування енергетичного обладнання компресорних станцій, а також їх обмежень.

– **ПРН 13.** Використовувати обладнання, матеріали та інструменти, інженерні технології і процеси при вирішенні професійних завдань в галузі

- **ПРН 15.** Виявляти розуміння нетехнічних (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) наслідків інженерної практики в галузі газотурбобудування та машинобудування енергетичного обладнання компресорних станцій.

Навчання протягом життя

- **ПРН 20.** Таким, що засвоїв розуміння необхідності самостійного навчання протягом життя.

- **ПРН 21.** Виявляти здатність аналізувати розвиток науки і техніки.

4. Зміст навчальної дисципліни

Змістовний модуль 1. Аналіз різноманіття підходів до розрахунку течії в турбомашинах.

Тема 1 Вступ до навчальної дисципліни «Методи розрахунку та проектування лопаткових машин».

Лекції 1,2. Видатні вчені у галузі методів теоретичного дослідження лопаткових машин. Біографічні дані засновника ХАІ Г. Ф. Проскури та його внесок у розвиток теорії турбомашин. Засновник кафедри Теорії авіаційних двигунів В. М. Єршовх людина, вчитель, вчений. Засновник кафедри Теорії авіаційних двигунів В. М. Єршов – людина, вчитель, вчений. Наукові здобутки кафедри Теорії авіаційних двигунів. Презентація досягнень. Стадії розробки проектів газотурбінних двигунів в конструкторському бюро та використання

для їх виконання розрахункових методів. Аналогії між розрахунковими методами в навчальних та реальних проєктах.

Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Ознайомлення з матеріалами у МЕНТОРІ, робота з літературними джерелами.

Тема 2. Різноманітність підходів до розрахунку течії в турбомашинах.

Лекція 3. Класифікація методів за урахуванням властивостей течії та досліджуемого об'єкту.

- а) стисливість;
- б) прояви в'язкості;
- в) не стаціонарність;
- г) вимірність (1,2,3-вимірні підходи).

Презентація – огляд на прикладі іноземних джерел

Шляхи побудови математичних моделей течій у турбомашинах.
Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. самостійна робота з літературою Підготовка до виконання практичної роботи 1

Тема 3. Постановка задачі розрахунку течії в лопатковій машині за середньомасовими параметрами

Лекція 4. Основні рівняння. Вихідні дані. Результати розрахунку. Практичне використання. Ознайомлення з відповідним комплексом програм.

Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Ознайомлення з матеріалами методичного посібника у Менторі. Підготовка до виконання індивідуального завдання.

Тема 4. Просторова течія. Шляхи її чисельного дослідження.

Лекція 5. Квазітривимірний підхід до моделювання просторової течії з застосуванням двох класичних задач. Розрахунок вісьосимметричної течії та течії у ґратках профілів у шарі змінної товщини.

Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Ознайомлення з літературними джерелами. Підготовка до виконання лабораторної роботи,

Тема 5. Задача чисельного дослідження течії в ґратці профілів турбомашини.

Лекції 6, 7. Система рівнянь. Граничні умови. Вихідні дані. Результати розрахунку, їх інтерпретація. Практичне застосування комплексу програм TRANSPS. Шляхи побудови суперкритичних профілів для застосування у сучасних авіаційних двигунах.

Виконання лабораторної роботи 1. Висновки про особливості розрахунку трансзвукової течії.

Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Види контролю – поточний (захист лабораторних робіт).

Змістовний модуль 2. Застосування рівнянь просторової в'язкої течії

Тема 6. Задача розрахунку вісьосиметричної течії в ступенях турбомашин.

Лекції 8, 9. Постановка задачі. Основні рівняння. Граничні умови. Вихідні дані, одержувані результати та їх інтерпретація. Дослідження течії у багатоступеневих компресорах за допомогою двовимірних методів розрахунку. Вихідні дані та результати, що можуть бути одержані. Застосування у практичних розрахунках багатоступеневих компресорів.

Виконання лабораторних робіт за темами: Дослідження течії у багатоступеневому компресорі на розрахунковому режимі та побудова характеристик компресору.

Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Підготовка до , виконання та здачі лабораторних робіт.

Тема 7. Чисельні підходи до розв'язання диференційних рівнянь.

Лекція 10. Типи диференційних рівнянь другого порядку. Граничні умови. Методи наскрізного розрахунку.

Виконання розрахункової лабораторної роботи за темою: Дослідження впливу кута натікання на структуру трансзвукової течії у гратці профілів компресорного ступеня при дозвукових швидкостях течії на вході.

Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Ознайомлення з презентаціями та матеріалами у МЕНТОРІ.

Підготовка до виконання і здачі лабораторної роботи.

Тема 8. Застосування рівнянь Нав'є-Стокса для розрахунку течій у турбомашинах.

Лекції 11, 12. Стисливі та нестисливі течії. Ламінарні та турбулентні течії. Їх моделювання.

Застосування гіпотез турбулентності. Найпростіші гіпотези: гіпотеза Л. Прандтля. Підхід Л. Прандтля до обліку в'язких властивостей течії. Основні припущення про течію у примежовому шарі. Рівняння примежового шару. Уява про інтегральні товщини примежового шару. Застосування для розрахунку узагальнень експериментальних результатів дослідження течії у гратках профілів.

Виконання лабораторної роботи за темою: Дослідження впливу швидкості надзвукової течії на вході у гратку профілів компресорного ступеня на структуру течії та положення стрибків ущільнення.

Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Підготовка до виконання і здачі лабораторної роботи та індивідуального завдання.

Види контролю – поточний (захист лабораторних робіт)

Модульний контроль

5. Індивідуальні завдання

5. Індивідуальні завданн

Кожен здобувач отримує завдання на тему «Дослідження газодинамічних параметрів та характеристик її течії в трансзвуковій компресорній решітці профілів» зі своїми індивідуальними параметрами.

6. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, лабораторних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники) та літературних джерел.

На лекціях студенти отримують знання з основ теорії лопаткових машин, вивчають підходи до їх розрахунків, які надалі будуть використані при виконанні лабораторних робіт, самостійної роботи та дипломного проектування.

Проведення розрахункових лабораторних робіт базуються на дослідженні параметрів течії в лопаткових машинах та їх сумарних характеристик, дає змогу вивчення реальних об'єктів за допомогою програмних продуктів, розроблених на кафедрі 201. Під час занять online фізичні експерименти замінюються розрахунковими дослідженнями.

Розрахункові лабораторні роботи дозволяють досліджувати параметри процесу в лопаткових машинах за допомогою їх візуалізації, шляхом використання віртуальних моделей об'єктів при застосуванні комплексу програм, розроблених на кафедрі 201.

7. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, захист лабораторних робіт, фінальний контроль у вигляді іспиту.

8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

Розподіл балів

8.1. Розподіл балів, які отримують здобувачі (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Складання модульного контролю	0 – 48		0 – 48
Виконання лабораторних робіт	0 – 7	4	0 – 28
Захист лабораторних робіт	0 – 6	4	0 – 24
Разом			0...100

Прийнята шкала оцінювання

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

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

Білет для іспиту складається з двох теоретичних та одного практичного запитання, за які здобувач може отримати відповідно 40, 30 і 30 балів.

Модульний контроль проводиться у вигляді письмової контрольної роботи.

8.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

-сновоні підходи до розподілу та класифікації меєдів рохрахуну течії в турбомашинах ,

-методи розрахунку одно- дво- і тривимірних течій, їх особливості, вихідні дані та результати,що можна отримати,

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

вміти-проводити розрахунки трансзвукової течії у гратці профідів компресорного ступеня за допомогою рекомендованої програми і методичними вкадівками

-при різних кутах натікання

-ери різних числах Маха течії,що набігає

8.3 Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру:

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь з дисципліни, виконати практичні та розрахункову роботи, знати класифікацію методів розрахунку лопаткових машин та області їх практичного використання в процесі проєктування.

Добре (75-89). Твердо знати основні теми курсу лекцій, виконати та захистити практичні та розрахункову роботи, вміти пояснювати прийняті рішення щодо вибору методу розрахунку, необхідної для його застосування інформації та очікуємих результатах.

Відмінно (90-100). Повно і досконало знати лекційний матеріал, знати особливості використання різних методів розрахунку при проєктуванні

лопаткових машин, виконати і аргументовано захистити практичні та розрахункову роботи, підготувати тези наукової роботи та зробити доповідь

9. Політика навчального курсу

Відвідування занять. Регуляція пропусків. Інтерактивний характер курсу передбачає обов'язкове відвідування лабораторних (практичних) занять. Здобувачі освіти, які за певних обставин не можуть відвідувати практичні заняття регулярно, повинні протягом тижня узгодити з викладачем графік індивідуального відпрацювання пропущених занять. Окремі пропущені заняття мають бути відпрацьовані на найближчій консультації протягом тижня після їх пропуску. Відпрацювання занять здійснюється усно в 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.pdt>) . 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. У разі виконання індивідуальної самостійної роботи до захисту допускаються роботи, які містять не менше 60 % оригінального тексту під час перевірки на плагіат.

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/nonnativnaB-baza/ustanovchi-dokumenti/kodeks-etichnoi-povedinki/>).

10. Методичне забезпечення

1. Базові підручники та навчально-методичні посібники наведені в п. 11 Рекомендована література.

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

http://library.khai.edu/catalog?clear_all_params=0&mode=BookList&lang=ukr&caller_mode=Disciplines&disciplinesearch=yes&combiningAND=1&theme_cond=all+theme&is_ttp=0&search fld=&discipline_list=820&speciality_list=292&course_list=0&recommend_select=0&action=subscribe&list_id=1&email=

3. Сторінка дисципліни знаходиться у Менторі: <https://mentor.khai.edu/enrol/index.php?id=1897>

11. Рекомендована література

Базова

1. Терещенко Ю.М., Бойко Л.Г., Мамлюк О.В. Газотурбінні двигуни літальних апаратів. Допущено Міністерством освіти і науки України. Підручник для студентів вищих закладів освіти. К.: Вища шк., 2000. 319с.

2. Теорія теплових двигунів. Підручник / Ю.М. Терещенко, Л.Г. Бойко, С.О. Дмитрієв та ін.; за ред. Ю.М. Терещенка. – К.: Вища шк., 2001. – 385с.

3. . Бойко А.В. / Аеродинамічний розрахунок та оптимальне проектування проточної частини турбомашин / А.В. Бойко, Ю.Н. Говорущенко, С.В. Ершов, А.В. Русанов, Северін. – Харків. – НТУ ХПІ. – 2002. – 355 с.

4. Dixon S.L. Fluid Mechanics and Thermodynamics of Turbomachinery. 5th Edition. Elsevier 1998, 379p.

5. Бойко Л.Г. Розрахунок до-, транс- і надзвукової течії у компресорних решітках профілів. Проектування компресорних решіток за допомогою чисельних методів [Текст] : навч. посібник / Л. Г. Бойко, О. Є. Дьомін., Н.В. Піжанкова - Х. : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харк. авіац. ін-т", 2024. – 67 с.

Допоміжна

1. Boyce M. Gas Turbine Engineering Handbook, Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2, UK, 2001. 936 p.

<https://soaneemrana.org/onewebmedia/GAS%20TURBINE%20ENGINEERING%20HAND%20BOOK%20BY%20MEHERWAN%20P.%20BOYCE%20%282nd%20Edition%29.pdf>

2. Rolls Royce. The Jet Engine. Rolls Royce the technical publication department. Derby England, 1996. 278 p.

<http://www.valentiniweb.com/piermo/meccanica/mat/Rolls%20Royce%20-%20The%20Jet%20Engine.pdf>

3. Бойко А.В. / Аеродинамічний розрахунок та оптимальне проектування проточної частини турбомашин / А.В. Бойко, Ю.Н. Говорущенко, С.В. Ершов, А.В. Русанов, Северін. – Харків. – НТУ ХПІ. – 2002. – 355 с.

4. Cumpsty N. A. Compressor Aerodynamics Krieger Pub. 2004. 517p.

5. Boyko L.G. Calculation and Design Methods of Turbomachinery [Electronic resource] : tutorial. Part 1. Numerical Study of Sub-, Trans-and Supersonic Flows in Compressor Blade Cascades / L. G. Boyko, A. E. Dyomin, K. V. Fesenko. – 2nd

edition revised and enlarged. – Kharkiv : National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute», 2021. – 57 p.

6. ANSYS CFX [Електроний ресурс] – Режим доступу <http://www.ansys.com/Products/fluid-dynamics/cfx>.

12. Інформаційні ресурси

1. Освітній сайт Національного аерокосмічного університету «ХАІ» <https://khai.edu/ua/>
2. Науково-технічна бібліотека Національного аерокосмічного університету «ХАІ» <https://library.khai.edu/>
3. Сторінка дисципліни знаходиться у МЕНТОРІ: <https://mentor.khai.edu/enrol/index.php?id=1897>
4. Сайт кафедри <http://k201.khai.edu>.