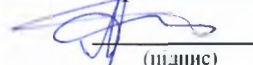


Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра «Теорії авіаційних двигунів» (№ 201)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми


(підпис)

Людмила БОЙКО
(ім'я та прізвище)

«_____» _____ 2024 р.

СИЛАБУС ОBOB'ЯЗKBOЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Екологічні аспекти проектування газотурбінних установок
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 14 Електрична інженерія
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 142 Енергетичне машинобудування
(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: Газотурбінні установки і компресорні станції
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Силабус введено в дію з «01» вересня 2024 р.

Харків 2024 р.

Розробник: ШЕВЧЕНКО Михайло, доктор філософії
(прізвище та ім'я, посада, науковий ступінь та вчене звання)

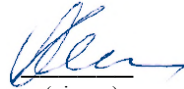


(підпис)

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри теорії авіаційних двигунів (№ 201)


Протокол № 1 від «20» серпня 2024 р.

В.о. завідувача кафедри к.т.н., доцент.
(науковий ступінь і вчене звання)



(підпис) Олег КІСЛОВ
(ім'я та прізвище)

Погоджено з представником здобувачів освіти:



(підпис)

Поліна ГОРБОВА
(ім'я та прізвище)

Загальна інформація про викладача



Шевченко Михайло Анатолійович

Посада: доцент кафедри теорії авіаційних двигунів.

Науковий ступінь: доктор філософії (Ph.D.).

Викладає наступні дисципліни:

- теорія теплових двигунів;
- турбодетандери, компресори і обладнання компресорних станцій;
- експериментальні методи дослідження лопатевих машин;
- екологічні аспекти проектування газотурбінних установок.

Наукові інтереси: математичне моделювання повітряно-реактивних двигунів, узгодження характеристик літака та двигуна, профілювання геометрії та математичне моделювання характеристик надзвукових вхідних пристроїв, врахування впливу «реальних» властивостей робочого тіла на характеристики повітряно-реактивних двигунів, вплив надроторних пристроїв на форму течії в радіальному зазорі і на загальні характеристики компресора та газотурбінного двигуна.

1. Опис навчальної дисципліни

Форма навчання – денна, дистанційна, дуальна.

Семестр, в якому викладається дисципліна – 1 семестр.

Дисципліна – обов'язкова.

Загальна кількість годин за навчальним планом – 180 годин/6 кредитів ЄКТС, у тому числі аудиторних – 64 годин, самостійної роботи здобувачів – 116 годин.

Види занять – лекції, заняття лабораторного практикуму, самостійна робота здобувача.

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

Мова викладання – українська.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: надання знань про утворення шкідливих речовин у вихлопних газах ГТД та про заходи, щодо їх зменшення; про виникнення шуму в ГТД та інший шкідливий вплив енергетичних об'єктів на людину, а також запобігання захисту довкілля від такого впливу.

Завдання: вивчення механізмів утворення шкідливих речовин при згорянні палив в камерах згорання ГТД, методів розрахунку таких викидів, заходів щодо їх зниження. Механізмів утворення шуму і заходів запобігання шуму ГТД.

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

- Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
- Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).
- Здатність розробляти проекти та управляти ними.
- Здатність працювати в міжнародному контексті.
- Здатність ухвалювати рішення та діяти, дотримуючись принципу неприпустимості корупції та будь-яких інших проявів не доброчесності.

Спеціальні компетентності:

- Здатність застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки в сфері енергетичного машинобудування.
- Здатність критично осмислювати проблем і перспектив розвитку у сфері енергетичного машинобудування та дотичних міждисциплінарних проблем.
- Здатність аналізувати та комплексно інтегрувати сучасні знання з природничих, інженерних, суспільно-економічних та інших наук для розв'язання

складних задач і проблем, пов'язаних з проектуванням та експлуатацією енергетичного і теплотехнологічного обладнання.

– Здатність аналізувати, оцінювати та застосовувати науково-технічну інформацію в галузі енергетичного машинобудування.

– Здатність розробляти та впроваджувати інноваційні проекти і програми, забезпечувати конкурентоздатність продукції, здійснювати техніко-економічне обґрунтування проєктів у галузі енергетичного машинобудування.

– Здатність приймати ефективні рішення з виробництва і експлуатації енергетичного та теплотехнологічного обладнання з урахуванням вимог щодо якості, екологічності, надійності, конкурентоздатності та охорони праці.

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

– Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у галузі енергетичного машинобудування для розв'язування складних задач професійної діяльності.

– Здійснювати пошук необхідної інформації у науково-технічній і патентній літературі, базах даних, інших джерелах з технологій і процесів у галузі енергетичного машинобудування, на їх основі, систематизувати, аналізувати та оцінювати відповідну інформацію.

– Формулювати і розв'язувати складні інженерні, виробничі та/або дослідницькі задачі під час проектування, виготовлення і експлуатації газотурбінних установок, іншого енергетичного обладнання та створення конкурентоспроможних розробок, втілення результатів у інноваційних проєктах.

– Розробляти і реалізовувати проекти у галузі енергетичного машинобудування та пов'язані з нею міждисциплінарні проекти з урахуванням технічних, економічних, правових, соціальних та екологічних аспектів.

– Створювати новітні технології та процеси і обґрунтовувати вибір обладнання та інструментів, з урахуванням обмежень в енергетичному машинобудуванні на основі сучасних знань в енергетичній та суміжних галузях.

– Приймати ефективні рішення з інженерних та управлінських питань у галузі енергетичного машинобудування в складних і непередбачуваних умовах, у тому числі із застосуванням сучасних методів та засобів оптимізації, прогнозування та прийняття рішень.

– Формулювати та вирішувати інноваційні задачі галузі енергетичного машинобудування з урахуванням вимог до результатів, технічних стандартів, а також нетехнічних (суспільство, здоров'я і безпека, інтелектуальна власність, навколишнє середовище, економіка і виробництво) аспектів.

Необхідні обов'язкові попередні дисципліни (пререквізити) – «Теорія газотурбінних двигунів», «Газотранспортні установки, компресорні станції та газотранспортні мережі», «Конструкція та міцність газотурбінних двигунів».

Необхідні обов'язкові супутні дисципліни (кореквізити) – «Турбодетандери, компресори та обладнання компресорних станцій», «Термодинамічний аналіз парогазових циклів».

Дисципліни, для вивчення яких потрібні знання, уміння, навички, інші компетентності, які здобуваються по завершенню вивчення даної дисципліни (постреквізити) – конверсія авіаційних двигунів в енергоустановки, переддипломна практика, дипломне проектування.

3. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовний модуль 1. Газотурбінні двигуни (ГТД), установки (У) та енергетичне обладнання – джерело шкоди довкіллю.

Тема 1. Шкідливі викиди у вихлопних газах ГТД і У. Парникові гази, забруднення повітря, ґрунту і водних ресурсів.

– *Загальна кількість годин на тему:* 7-8 годин.

– *Стисла анотація:* ознайомлення студентів з механізмами утворення шкідливих викидів в енергетичному обладнанні та їх впливом на навколишнє середовище.

– *Теми лекцій:* «Шкідливий вплив газотурбінних двигунів і установок та енергетичних комплексів на навколишнє середовище і людину. Забруднення повітря, ґрунту і водних ресурсів», «Шкідливі речовини, що утворюються в камері згорання ГТД. Парниковий ефект».

– *Теми лабораторного практикуму:* «Типи камер згорання та етапи горіння у них».

– *Обсяг самостійної роботи здобувачів:* 13-14 годин, опрацювання матеріалу лекцій та практичного заняття. Формування питань до викладача.

Тема 2. Механізми утворення шкідливих речовин у камері згорання зі згоранням органічних вуглеводневих палив

– *Загальна кількість годин на тему:* 7-8 годин.

– *Стисла анотація:* ознайомлення студентів з механізмами утворення чадного газу, диму (сажі), бензапірену, окисів азоту та сірки в камерах згорання ГТД і ГТУ, та заходи щодо їхнього зменшення.

– *Тема лекції:* «Механізми утворення шкідливих речовин у камері згоряння зі згорянням органічних вуглеводневих палив».

– *Тема лабораторного практикуму:* «Зміна температури газів вздовж камери згорання».

Обсяг самостійної роботи здобувачів: 11-12 годин, опрацювання матеріалу лекцій та практичного заняття. Формування питань до викладача. Поглиблення знань з фізичних та хімічних процесів, які характерні для згоряння гасу і метану. Вивчення видів можливих наслідків впливу шкідливих викидів як ГТД так і інших двигунів та енергоустановок.

Тема 3. Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин та їх нормування.

– *Загальна кількість годин на тему:* 7-8 годин.

– *Стисла анотація:* ознайомлення студентів з гранично допустимими концентраціями (ГДК) шкідливих речовин та їх нормуванням для різних обставин.

– *Тема лекції:* «Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин та їх нормування».

– *Тема лабораторного практикуму:* «Методи газового аналізу. Прилад ОРСА».

– *Обсяг самостійної роботи здобувачів:* 11-12 годин, опрацювання матеріалу лекцій та практичної роботи. Формування питань до викладача. Вивчення фізичних, хімічних та фізико-хімічних способів газового аналізу. Поглиблення знань з фізичних процесів в камерах згоряння ГТД. Вивчення видів засобів газового аналізу їх визначення та класифікації.

Тема 4. Засоби контролю забруднення атмосферного повітря ГТД і ГТУ.

– *Загальна кількість годин на тему:* 7-8 годин.

– *Стисла анотація:* Метрологічне забезпечення контролю шкідливих викидів у вихлопних газах ГТД і У та контролю стану атмосферного середовища.

– *Тема лекції:* «Засоби контролю забруднення атмосферного повітря ГТД і ГТУ».

– *Тема лабораторного практикуму:* «Методика визначення складу вихлопних газів ГТД газоаналізатором «Testo-350»».

Обсяг самостійної роботи здобувачів: 11-12 годин, опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Поглиблення знань з

принципу роботи та методики вимірювання приладом «Testo-350». Адаптація знань до рівня шкоди довкіллю. Поглиблення знань з фізичних процесів, які характерні для різних газоаналізаторів. Вивчення видів речовин що є у вихлопних газах ГТД і У та допустимих концентрацій.

Тема 5. Альтернативні палива, як спосіб вирішення екологічних та енергетичних проблем.

– *Загальна кількість годин на тему:* 3-4 години.

– *Стисла анотація:* доведення інформації щодо можливості зниження гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин шляхом використання альтернативних типів палива для ГТД і ГТУ.

– *Теми лекцій:* «Біогаз та водень, як екологічне паливо для ГТД і ГТУ», «Біодизель та етанол, як екологічне паливо для ГТД і ГТУ»

Обсяг самостійної роботи здобувачів: 9-10 годин, опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Поглиблення знань з фізичних процесів в камерах згоряння ГТД, які працюють на альтернативних типах палива.

Тема 6. Шляхи зниження токсичних речовин в продуктах згоряння ГТД.

– *Загальна кількість годин на тему:* 1-2 години.

– *Стисла анотація:* доведення інформації щодо можливості зниження гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин наступними способами: організацією робочого процесу в камері згоряння ГТД; поліпшенням процесів підготовки паливо-повітряної суміші; впорскуванням води (пара) перед камерою згоряння.

– *Тема лекцій:* «Шляхи зниження токсичних речовин в продуктах згоряння ГТД».

Обсяг самостійної роботи здобувачів: 7-8 годин, опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Поглиблення знань з фізичних процесів в двозонних камерах згоряння ГТД.

Тема 7. Вібраційне горіння в камерах згоряння ГТД.

– *Загальна кількість годин на тему:* 3-4 години.

– *Стисла анотація:* ознайомлення студентів з характеристиками горіння та причинами виникнення вібраційного горіння.

– *Теми лекцій:* «Характеристики горіння», «Механізми утворення вібраційного горіння».

Обсяг самостійної роботи здобувачів: 11-12 годин, опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Поглиблення знань зі способів визначення меж стійкого горіння та стабілізації полум'я.

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.

Модуль 2.

Змістовний модуль 2. Шумові характеристики ГТД і У.

Тема 8. Вплив шуму на стан людини.

– *Загальна кількість годин на тему:* 1-2 години.

Стисла анотація: ознайомлення студентів як шум впливає на психофізичний стан людини.

– *Тема лекції:* «Вплив шуму на стан людини».

Обсяг самостійної роботи здобувачів: 5-6 годин, опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Тема 9. Характеристики механічного та гідродинамічного шуму. Визначення шуму. Рівень звуку. Одиниці вимірювання звуку.

– *Загальна кількість годин на тему:* 7-8 годин.

– *Стисла анотація:* джерела виникнення шуму в авіаційних двигунах та енергетичних установках. Шум реактивної струмини та заходи щодо його зменшення. Конструкційні та експлуатаційні заходи. Шум лопатевих машин та заходи щодо його зменшення.

– *Тема лекції:* «Характеристики механічного та гідродинамічного шуму. Визначення шуму. Рівень звуку. Одиниці вимірювання звуку».

– *Тема лабораторного практикуму:* «Визначення шумових характеристик ГТД».

Обсяг самостійної роботи здобувачів: 11-12 годин, опрацювання матеріалу лекцій та практичного заняття. Формування питань до викладача.

Тема 10. Виробничий шум на компресорних станціях (КС).

– *Загальна кількість годин на тему:* 1-2 годин.

Стисла анотація: ознайомлення студентів з механізмами утворення і розповсюдження шуму на виробничих територіях КС. Методи боротьби з шумом

– *Тема лекції:* «Механізм виникнення шуму на компресорних станціях та заходи щодо його зменшення».

Обсяг самостійної роботи здобувачів: 13-14 годин, опрацювання матеріалу лекцій. Формулювання питань до викладача та засвоєння матеріалів з підручників, методичних посібників та статей.

Тема 11. Нормування та вимірювання шуму.

– *Загальна кількість годин на тему:* 5-6 годин.

– *Стисла анотація:* визначення умов розповсюдження шуму в районі аеропортів з прольотом літаків. Теоретичне висвітлення основ нормування шуму з урахуванням його інтенсивності та частотного рівня.

– *Тема лекції:* «Нормування шуму в авіації та виробничих умовах на КС».

– *Тема лабораторного практикуму:* «Нормування шуму в авіації».

Обсяг самостійної роботи здобувачів: 11-12 годин, Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Вивчення принципу роботи шумомера і октавних фільтрів. Ознайомлення з основними схемами розташування контрольних точок при нормуванні шуму.

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.

4. Індивідуальні завдання

Не передбачено навчальним планом.

5. Методи навчання

Словесні в аудиторії (лекції та практичні заняття), наочні (на лабораторному обладнанні), практичні (на комп'ютерному обладнанні в спеціальних комп'ютерних класах кафедри).

6. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, складання реферату та виступ на семінарі за індивідуальним завданням, підсумковий контроль та контроль у вигляді іспиту.

7. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

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

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
<i>Модуль 1. Змістовний модуль 1</i>			
Активність під час аудиторної роботи	0...5	1	0...5
Виконання лабораторних робіт	0...5	4	0...20
Захист лабораторних робіт	0...1	4	0...4
Складання модульного контролю	0...21	1	0...21
Модульний контроль 1			0...50
<i>Модуль 2. Змістовний модуль 2</i>			
Активність під час аудиторної роботи	0...5	1	0...5
Виконання лабораторних робіт	0...5	2	0...10
Захист лабораторних робіт	0...2	2	0...4
Конспект лекцій	0...5	1	0...5
Складання модульного контролю	0...26	1	0...26
Модульний контроль 2			0...50
<i>За семестр</i>			0...100

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

Білет для іспиту складається з 2 теоретичних питань (за правильну відповідь на одне питання здобувач отримує 0...50 балів).

7.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки: знати основні механізми утворення шкідливих речовин та шуму в ГТУ, методики їх виміру та заходи щодо зменшення.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки: вміти вимірювати та розраховувати концентрації шкідливих викидів у вихлопних газах ГТД і У.

7.3 Критерії оцінювання роботи здобувача 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, що визначають рівень компетентності здобувача. Знати основні механізми утворення шкідливих речовин та шуму в ГТУ та заходи щодо їх зменшення.

Відмінно (90-100) – мати знання, що дозволять самостійно, вільно та обґрунтовано відповідати на будь які питання при забезпеченні заходів захисту довкілля та людини.

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

8. 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.

9. Методичне забезпечення

1. Герасименко В.П. Теорія авіаційних двигунів. // Підручник – Харків: Нац. аеро-косм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2003.
URL: <https://library.khai.edu/library/fulltexts/m2003/Teorija%20aviacijnih%20dviguniv.pdf>

2. Герасименко, В.П. Екологічні аспекти проектування газотурбінних установок [Електронний ресурс]: навч. посібник / В. П. Герасименко. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського “Харків. авіац. ін.-т”, 2020 р – 33 с.
URL: https://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Ekolog_Gerasimenko.pdf

3. Герасименко, В.П., Шевченко М.А. Екологічні аспекти проектування газотурбінних установок [Електронний ресурс]: [Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін.-т»]. – Режим доступу: <https://mentor.khai.edu/mod/resource/view.php?id=241509> (дата звернення 17.11.2024) – Назва з екрану.

4. Сторінка дисципліни знаходиться за посиланням: <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=2664>

10. Рекомендована література

Базова

1. Герасименко В.П. Теорія авіаційних двигунів. // Підручник – Харків: Нац. аеро-косм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2003. URL: <https://library.khai.edu/library/fulltexts/m2003/Теорія%20авіаційних%20двигунів.pdf>

2. Камери згоряння газотурбінних двигунів авіаційного та наземного застосування [Електронний ресурс] : навч. посіб. / Ю. О. Гусєв, І. Ф. Кравченко, С. А. Євсєєв, О. В. Бондаренко. – Харків : Нац. аеро-косм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2023. – 72 с. URL: https://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Gusev_LZ_GTD.pdf

3. Малярєнко, В.А. Енергетика і навколишнє середовище [Електронний ресурс] : Харків: Видавництво САГА, 2008, 364 с. URL: <https://eprints.kname.edu.ua/5282/1/e-book.pdf> (дата звернення 02.11.2024).

4. Заболотний, О.В., Цеховской М.В. Методи та засоби вимірювання фізико-хімічних величин. Ч.1. Навч. посібник. – Харків: Нац. аеро-косм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2008.

5. Заболотний, О.В., Світличний О.В. Методи та засоби вимірювання фізико-хімічних величин. Ч.2. Навч. посібник. – Харків: Нац. аеро-косм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2008. URL: https://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Metodi_Ta_Zasobi_Vimirjuvannja_Fiziko_Himichnih_Velichinkontroli_Jakosti_Tverdih_I_Ridkih_Rechovin2008.pdf

Допоміжна

1. Основи загальної екології. /Білявський Г.О., Падун М.М., Фардуй Р.С.. К.: Либідь, 1995.– 367 с. URL: http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/Bilyavskiy_2004_368.pdf

2. Shevchenko, M. Working process model development of the gas turbine engine combustor fueling on methanol [Text] / M. Shevchenko, M. Ambrozhevich, & K. Fesenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2024. – Vol. 2, iss. 1 (128). – P. 49–54. DOI: [10.15587/1729-4061.2024.301325](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.301325).

3. Guessab, A. Combustion of Methane and Biogas Fuels in Gas Turbine Can-type Combustor Model [Text] / A. Guessab, A. Aris, M. Cheikh, T. Baki // Journal of Applied Fluid Mechanics. – 2016. – Vol. 9, No. 5, pp. 2229-2238. DOI: [10.18869/acadpub.jafm.68.236.24289](https://doi.org/10.18869/acadpub.jafm.68.236.24289)

4. Rochelle, D. A review of the effect of biodiesel on gas turbine emissions and performance [Text] / D. Rochelle, H. Najafi // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2019. – Vol. 105, pp. 129-137. DOI: [10.1016/j.rser.2019.01.056](https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.01.056).
5. Шевченко, М. А. Математична модель камери згоряння газотурбінного двигуна, який працює на етанолі. [Текст] / М. А. Шевченко, М. В. Амброжевич, О. Г. Селезень // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. – 2024. – № 5/199. – С. 4-13. DOI: [10.32620/aktt.2024.5.01](https://doi.org/10.32620/aktt.2024.5.01).
6. A comparative study of pentanol (C5 alcohol) and kerosene blends in terms of gas turbine engine performance and exhaust gas emission [Text] / T. Suchocki et al. // *Fuel*. – 2023. – Vol. 334, Part 2. – Article No. 126741. DOI: [10.1016/j.fuel.2022.126741](https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.126741).
7. Сова С. Г. Вплив вібро-шумового фактора на фізичну працездатність та стан вегетативної нервової системи у робітників вібронебезпечних професій / С. Г. Сова, В. А. Шаповалова, В.М. Коршак // *Лікарська справа*. – 1999. – №2. – С. 135-138.
8. Худик, М. В. Засоби зниження виробничого шуму компресорних станцій шахт [Текст] / М. В. Худик., В. А. Шаповалов, О. Л. Шепель // *Вісник Криворізького національного університету*. – 2021. – Вип. 52. С 169-174. DOI: [10.31721/2306-5451-2021-1-52-169-175](https://doi.org/10.31721/2306-5451-2021-1-52-169-175).
9. Михайлюк, Ю.Д. Дослідження характеристик шумового забруднення на компресорних станціях магістральних газопроводів [Текст] / Ю.Д. Михайлюк, // *Науково-технічний журнал*. –2014, № 2 (10). С. 29-36. URL: <http://elar.nung.edu.ua/bitstream/123456789/186/4/5013p.pdf>
10. Білим П.А. Зниження шуму у компресорних станціях за рахунок застосування шумоізолюючих армованих матеріалів. / П.А. Білим, Е.Е. Еприкян, В.В. Живодьоров, А.М. Картавцева // *Проблеми та перспективи розвитку охорони праці: Матеріали ІХ Всеукраїнської науково-практичної конференції курсантів, студентів, аспірантів та ад'юнктів* – Л.: ЛДУ БЖД, 2019. – С. 57-58. URL: http://eprints.kname.edu.ua/51143/1/ilovepdf_com-362-363.pdf

11. Інформаційні ресурси

1. Технології використання відновлюваних джерел енергії [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dieret.rea.org.ua/uk/index.html> (дата звернення 02.11.2024) – Назва з екрану.
2. Greenhouse Gas concentrations hit record high. Again [Electronic resource] Available at: <https://wmo.int/media/news/greenhouse-gas-concentrations-hit-record-high-again> (accessed: 02.11.2024).
3. The International Civil Aviation Organization [Electronic resource] Available at: <https://www.icao.int/Pages/default.aspx> (accessed: 17.11.2024).
4. Про затвердження Державних санітарних норм та правил "Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу". Наказ МОЗ України № 248 від 08.04.2014 [Електронний ресурс]:

[Інтернет-портал]. – Електронні дані. – [Київ: Нац. парлам. б-ка України, 2002-2017]. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14> – (дата звернення 04.11.2017) – Назва з екрану.

5. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку: ДСН 3.3.6.037-99. [Електронний ресурс]: [Інтернет-портал]. – Електронні дані. – [Київ: МОЗ України, 2000-2017]. – Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1789> (дата звернення 04.11.2024) – Назва з екрану.

6. Hydrogen Gas Turbines [Electronic resource] // ETN Global. – Available at: <https://etn.global/wp-content/uploads/2020/02/ETN-Hydrogen-Gas-Turbines-report.pdf> (accessed: 02.11.2024).

7. Біоетанол – практика та застосування [Електронний ресурс]: [ПрАТ «Українська технологічна компанія»]. – Режим доступу https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/10/bioethanol_utc_experience-1.pdf – (дата звернення: 02.11.2024) – Назва з екрану.

8. Кафедра теорії авіаційних двигунів [Електронний ресурс]. – Режим доступу <https://k201.khai.edu/> – (дата звернення: 02.11.2024) – Назва з екрану.