

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

Кафедра \_\_\_\_\_ аерокосмічної теплотехніки \_\_\_\_\_ (№ 205 \_\_\_\_\_)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Керівник проектної групи



Гакал П.Г.

(підпис)

(ініціали та прізвище)

« 1 » вересня 2023 р.

**СИЛАБУС ОBOB'ЯЗKОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Тепловий захист та системи охолодження енергоустановок та літальних  
апаратів**

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: \_\_\_\_\_ 14 «Електрична інженерія» \_\_\_\_\_  
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: \_\_\_\_\_ 144 «Теплоенергетика» \_\_\_\_\_  
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: \_\_\_\_\_ «Інжиніринг та експлуатація теплоенергетичних систем» \_\_\_\_\_  
(найменування освітньої програми)

**Форма навчання: денна**

**Рівень вищої освіти:  
другий (магістерський)**

**Силабус введено в дію з 01.09.2023 року**

**Харків 2023 рік**

Розробник: Лисиця Олексій Юрійович, доцент, к.т.н.  
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)




(підпис)

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри аерокосмічної теплотехніки (№ 205)

Протокол № 1 від «31» серпня 2023 р.

Завідувач кафедри Д.Т.Н., доцент  
(науковий ступінь і вчене звання)



(підпис)

Гакал П.Г.  
(ініціали та прізвище)

Погоджено з представником здобувачів освіти:

здобувач: студент групи 268е



Солодовнік М.С.

## 1. Загальна інформація про викладача



Лисиця Олексій Юрійович, к.т.н., доцент. З 2011 року викладає в університеті. Основні дисципліни:

- тепловий захист енергоустановок і літальних апаратів;
- обчислювальна гідромеханіка;
- технічні засоби теплофізичного експерименту;
- теплотехнічні вимірювання і прилади;
- Fluid and Gas Dynamics.

Напрями наукових досліджень: CFD-моделювання теплогідравлічних процесів в енергетичних системах, процеси тепломасообміну та гідрогазодинаміки в складних системах, багатофазні течії.

## 2. Опис навчальної дисципліни

**Семестр, в якому викладається дисципліна** – 2 семестр.

**Обсяг дисципліни:**

5 кредити ЄКТС (150 годин), у тому числі аудиторних – 56 годин, самостійної роботи здобувачів – 94 години.

**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)** – гідрогазодинаміка, технічна термодинаміка, тепломасообмін, теплообмінні апарати, теплофізичні властивості речовин, холодильна техніка і кондиціонери.

**Необхідні обов'язкові супутні дисципліни (кореквізити)** – комп'ютерні технології моделювання задач теплофізики, системи забезпечення теплового режиму, обчислювальна гідромеханіка, експериментальні методи діагностики і доводки теплових машин.

### 3. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета:** формування системи знань і розумінь, що забезпечать розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності, здатність застосовувати та удосконалювати математичні моделі, наукові і технічні методи для розв'язання складних інженерних задач в теплоенергетиці, приймати рішення щодо теплового захисту і систем охолодження енергетичних установок, літальних апаратів та їх елементів.

**Завдання:** навчитися аналізувати, застосовувати та створювати складні інженерні технології, процеси, системи і обладнання з теплового захисту, систем охолодження, обирати ефективні методи розв'язання таких задач, розробляти і досліджувати математичні моделі, обґрунтовувати вибір та застосування матеріалів, обладнання та інструментів інженерних технологій і процесів з урахуванням їх характеристик і властивостей, розуміння професійних стандартів діяльності, застосовувати методи теплового захисту, враховувати вплив температур, зокрема кріогенних на властивості конструкційних матеріалів.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких **компетентностей:**

- знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;
- здатність застосовувати та удосконалювати математичні та комп'ютерні моделі, наукові і технічні методи та сучасне комп'ютерне програмне забезпечення для розв'язання складних інженерних задач в теплоенергетиці;
- здатність приймати рішення щодо матеріалів, обладнання, процесів в теплоенергетиці з урахуванням їх властивостей та характеристик;
- здатність приймати рішення щодо теплового захисту енергетичних установок, літальних апаратів та їх елементів.

#### **Програмні результати навчання:**

- аналізувати, застосовувати та створювати складні інженерні технології, процеси, системи і обладнання відповідно до обраного напрямку теплоенергетики;
- аналізувати і обирати ефективні аналітичні, розрахункові та експериментальні методи розв'язання складних задач теплоенергетики;
- розробляти і досліджувати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі об'єктів та процесів теплоенергетики, перевіряти адекватність моделей, порівнювати результати моделювання з іншими даними та оцінювати їх точність і надійність;
- обґрунтовувати вибір та застосування матеріалів, обладнання та інструментів, інженерних технологій і процесів з урахуванням їх

характеристик і властивостей, вимог до кінцевого продукту, а також нетехнічних аспектів;

- вільно спілкуватися державною мовою з професійних питань, обговорювати результати виробничої, наукової та інноваційної діяльності з фахівцями та нефхівцями;

- оцінювати і забезпечувати якість об'єктів і процесів теплоенергетики;

- розуміння професійних і етичних стандартів діяльності, застосування їх під час діяльності у сфері теплоенергетики;

- застосовувати методи теплового захисту та інтенсифікації тепломасообміну. Враховувати вплив температур, зокрема кріогенних на властивості конструкційних матеріалів.

## 4. Зміст навчальної дисципліни

### Модуль 1

**Тема 1. Роль теплового захисту в забезпеченні працездатності та надійності ЕУ і ЛА.**

*Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 2 години.*

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

Зміст поняття „тепловий захист” відносно енергоустановок, авіаційних та космічних літальних апаратів. Теплонапруженість ЕУ і ЛА. Її параметри. Необхідність теплового захисту деталей та вузлів ЕУ і ЛА.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 2-3 години.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

**Тема 2. Пасивні види теплового захисту.**

*Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 2-3 години.*

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

Конструкційні матеріали. Конструкторські рішення. Технологічні рішення. Радіаційне охолодження. Теплоізолюючий захист. Ємкісний захист. Теплові акумулятори.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 4-6 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

**Тема 3. Активні види теплового захисту.**

*Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 3-5 годин.*

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

Абляційний, пористий, плівковий, загороджувальний захисти. Конвективне та комбіноване охолодження. Теплові труби.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 6-8 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

#### **Тема 4. Основи розрахунку теплового захисту.**

*Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 3-5 годин.*

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

Тепловий баланс для стінки конструкції при наявності конвективного та променистого теплообміну. Складові теплового балансу. Система рівнянь для розрахунку процесу теплообміну. Різноманітні підходи до рішення системи рівнянь.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 6-8 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

#### **Тема 5. Вимоги до конструкційних матеріалів.**

*Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 1-2 години.*

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

Підвищені вимоги в умовах високих температур та агресивних середовищ. Пластичність, кристалічна та хімічна стійкість, механічна міцність. Види конструкторських матеріалів.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 3-4 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

#### **Тема 6. Системи рідинного охолодження ПД (СРО).**

*Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 4-6 години.*

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

Принципова схема СРО. Основні параметри СРО. Теплообмін в порожнинах СРО. Аналіз теплообміну в ПД з СРО. Рідинні насоси. Вентилятори.

Теплообмінники – охолоджувачі рідини. Теплообмінники – охолоджувачі масла.  
Охолоджувачі надувного повітря.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 6-10 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

### **Тема 7. Система повітряного охолодження ПД (СПО).**

*Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 2-3 години.*

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

Принципова схема СПО та її робота. Основні характеристики СПО. Аеродинаміка СПО та аеродинамічні пристрої. Регулювання СПО. Порядок розрахунку СПО. Конфігурація і розмір оребрення циліндра ПД. Тепловіддача оребрених поверхонь. Порівняння СРО і СПО.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 4-6 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

### **Тема 8. Системи охолодження газотурбінних двигунів.**

*Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 2-3 години.*

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

Складові СО ГТД: внутрішня повітряна система охолодження, система охолодження лопаток і дисків турбіни, система змащування роторів двигуна. Витрати енергії, які зв'язані з охолодженням елементів ГТД. Шляхи зменшення витрачання повітря на охолодження двигуна.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 4-6 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

### **Тема 9. Внутрішнє і зовнішнє охолодження лопаток газотурбінних установок.**

*Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 2-3 години.*

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

Розвиток систем конвективного та конвективно-плівкового охолодження. Вплив охолодження на ККД газової турбіни. Особливості охолодження соплових і робочих лопаток. Діаграма інтенсифікація теплообміну.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 4-6 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

### **Тема 10. Технології внутрішнього охолодження.**

*Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 2-3 години.*

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

Методи охолодження різних ділянок лопатки. Схема руху охолоджувача в лопатках з внутрішнім охолодженням. Конструкції лопаток з внутрішньою системою охолодження. Мікрооребріння каналів внутрішнього охолодження.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 4-6 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

## **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**

### **Тема 11. Теплоізоляційні матеріали, пластмаси, резини.**

*Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 1-2 години.*

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

Види теплоізоляційних матеріалів, пластмас, резин, що використовуються в теплоенергетиці. Їх властивості і призначення. Прокладкові матеріали.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 2-3 години.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.



## **Тема 12. Низькотемпературна теплоізоляція.**

*Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 1-2 години.*

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

Класифікація НТІ. Газонаповнена теплоізоляція. Високовакуумна теплоізоляція. Вакуумно-порошкова та вакуумно-волокниста теплоізоляція. Багатошарова екранно-вакуумна теплоізоляція (ЕВТІ). Теплові мости та опори.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 2-4 години.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

## **Тема 13. Вплив низьких температур на властивості сталей і сплавів.**

*Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 1-2 години.*

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

Зміна властивостей вуглецевих та низьколегованих сталей зі зниженням температури. Вплив низьких температур на високолеговані аустенітні сталі. Вплив низьких температур на властивості кольорових металів і сплавів, зварні та паяні з'єднання.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 2-3 години.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

## **Тема 14. Конструкторські та технологічні заходи теплового захисту ПД.**

*Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 6-10 години.*

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

Тепловий захист поршнів ПД, випускних клапанів, гільз та головок циліндрів. Адіабатний двигун. Технологічні рішення ТЗ ПД.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 10-16 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

## **Тема 15. Тепловий стан газотурбінного двигуна (ГТД).**

*Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 6-12 годин.*

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

Теплове навантаження ГТД. Шляхи підвищення параметрів ГТД. Тепловий баланс ГТД. Теплові потоки в ГТД. Температурний стан деталей ГТД.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 12-18 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

### **Тема 16. Особливості системи охолодження ГТД.**

*Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 6-10 години.*

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

Складові СО ГТД: внутрішня повітряна система охолодження, система охолодження лопаток і дисків турбіни, система змащування роторів двигуна. Витрати енергії, які зв'язані з охолодженням елементів ГТД. Шляхи зменшення витрачання повітря на охолодження двигуна.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 8-14 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

### **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.

### **5. Індивідуальні завдання**

Індивідуальне завдання має на меті закріпити відповідні теоретичні знання і одержати необхідні навички практичних розрахунків з дисципліни.

Розрахункова робота «Розрахунок системи охолодження сопла рідинного ракетного двигуна [1].

В результаті виконання розрахункової роботи студенти визначають основні параметри та характеристики тепло-гідравлічного процесу.

### **6. Методи навчання**

Словесні, наочні, практичні.

### **7. Методи контролю**

Поточний контроль (теоретичне опитування й розв'язання практичних завдань), 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
<i>Модуль 1</i>			
Активність під час аудиторної роботи	0...2	10	0...20 (максимальна кількість балів за цим показником)
Модульний контроль	0...20	1	0...20
<i>Модуль 2</i>			
Активність під час аудиторної роботи	0...20	10	0...20 (максимальна кількість балів за цим показником)
Виконання Індивідуального завдання	0...20	1	0...20
Модульний контроль	0...20	1	0...20
<b>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

Іспит проводиться у вигляді письмової відповіді на 3 питання екзаменаційного квитка та потім усної бесіди з викладачем по цих питаннях.

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

### Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

*Задовільно (60-74)* – мати мінімум знань і умінь для забезпечення програмних результатів навчання. Виконати індивідуальне завдання.

*Добре (75-89)* – знати матеріал курсу, виконати усі завдання. Показати вміння виконувати практичні завдання та розрахункову роботу. Вміти самостійно розраховувати тепловий стан теплонапружених конструкцій при різних режимах роботи та виду використовуваного теплового захисту.

*Відмінно (90-100)* – глибоко знати основний та додатковий матеріал. Досконально знати усі види теплового захисту, розуміти їх переваги та можливість застосування до різних конструкцій, вміти самостійно і на високому рівні виконувати тепло гідравлічні процеси в системах охолодження ЛА та ЕУ.

## 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:

• [http://library.khai.edu/catalog?clear\\_all\\_params=0&mode=KNMZ&lang=ukr&caller\\_mode=SearchDocForm&ext=no&theme\\_path=0&themes\\_basket=&ttp\\_themes\\_basket=&disciplinesearch=no&top\\_list=1&fullsearch fld=&author fld=%D0%A0%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2&docname fld=&docname cond=beginwith&theme\\_context=%D0%A0%D1%96%D0%B7%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F+%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B2&theme\\_cond=all\\_theme&theme\\_id=0&is\\_ttp=0&combiningAND=0&step=20&tpage=1](http://library.khai.edu/catalog?clear_all_params=0&mode=KNMZ&lang=ukr&caller_mode=SearchDocForm&ext=no&theme_path=0&themes_basket=&ttp_themes_basket=&disciplinesearch=no&top_list=1&fullsearch fld=&author fld=%D0%A0%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2&docname fld=&docname cond=beginwith&theme_context=%D0%A0%D1%96%D0%B7%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F+%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B2&theme_cond=all_theme&theme_id=0&is_ttp=0&combiningAND=0&step=20&tpage=1)

- 1. Теплообмін. Конспект лекцій. – Харків: Нац. аерокосмічний ун-т “Харк. авіац. ін-т”, 2019. – 86 с.
- 2. Теплообмін. Конспект лекцій за дисципліною «Тепломасообмін». Ч. 1: Теплопровідність і теплообмін випромінюванням – Харків: Нац. аерокосмічний ун-т “Харк. авіац. ін-т”, 2019. – 88 с.
- 3. Теплообмін. Конспект лекцій за дисципліною «Тепломасообмін». Ч. 2: Конвекція. Теплообмінні апарати. – Харків: Нац. аерокосмічний ун-т “Харк. авіац. ін-т”, 2019. – 101 с.
- 4. Технічна термодинаміка. Конспект лекцій. – Харків: Нац. аерокосмічний ун-т “Харк. авіац. ін-т”, 2019. – 102 с.

- 5. Тепломасообмін. Навчальний посібник до лабораторних робіт за дисципліною «Тепломасообмін». – Харків: Нац. аерокосмічний ун-т “Харк. авіац. ін-т”, 2020. – 137 с.

Сторінка дисципліни знаходиться за посиланням:

<https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=2860>

## **11. Рекомендована література**

### **Базова**

1. Тепловий та динамічний розрахунок автомобільних двигунів. Навчальний посібник. В.Ф. Анісімов, А.В. Дмитрієва, С.М. Севостьянов. – ВНТУ, Вінниця, 2008. – 125 с.
2. Теплообмін. Конспект лекцій за дисципліною «Термодинаміка і теплообмін». – Харків: Нац. аерокосмічний ун-т “Харк. авіац. ін-т”, 2019. – 86 с.
3. Основи конвективного теплообміну: метод. вказівки до практ. занять / уклад.: Н.А. Панченко, А.А. Халатов. – К: НТУУ «КПІ ім. І.Сікорського», 2017. – 32 с.
4. Розрахунок системи охолодження сопла рідинного ракетного двигуна. Методичні рекомендації / НТУУ «КПІ»; уклад. А. А. Халатов, Н. А. Панченко, А. Ж. Мейріс. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 34 с.

### **Допоміжна**

1. Теплообмін. Конспект лекцій за дисципліною «Тепломасообмін». Ч. 1: Теплопровідність і теплообмін випромінюванням – Харків: Нац. аерокосмічний ун-т “Харк. авіац. ін-т”, 2019. – 88 с.
2. Теплообмін. Конспект лекцій за дисципліною «Тепломасообмін». Ч. 2: Конвекція. Теплообмінні апарати. – Харків: Нац. аерокосмічний ун-т “Харк. авіац. ін-т”, 2019. – 101 с.