

Міністерство освіти і науки України

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Проректор з наукової роботи  
В. В. Павліков  
(підпис) (ініціали та прізвище)  
2020 р.  
Відділ аспірантури і докторантури



**РОБОЧА ПРОГРАМА  
ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Теорія та прикладні проблеми динаміки і міцності машин,  
методи діагностики в машинобудуванні**  
(назва навчальної дисципліни)

Галузі знань: \_\_\_\_\_ 13 «Механічна інженерія» \_\_\_\_\_  
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність \_\_\_\_\_ 132 «Матеріалознавство» \_\_\_\_\_  
(код та найменування напрямку підготовки)

Освітньо-наукова програма: «Матеріалознавство»

**Форма навчання: денна**

**Рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий)**

**РОБОЧА ПРОГРАМА  
ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

«Теорія та прикладні проблеми динаміки та міцності машин»

(назва дисципліни)

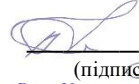
для здобувачів за спеціальністю 132 «Матеріалознавство»

освітньо-науковою програмою «Матеріалознавство»

« 28 » 08 2020 р., – 12 с.

Розробник: доктор техн. наук, професор

(посада, науковий ступінь та вчене звання)



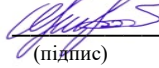
(підпис)

П.О. Фомичов

(прізвище та ініціали)

Гарант ОНП доцент каф. 202, к.т.н., доцент

(посада, науковий ступінь та вчене звання)



(підпис)


Широкий Ю.В.

(прізвище та ініціали)

Протокол № 1 від « 28 » 08 2020 р. засідання кафедри № 102

Завідувач кафедри д.т.н., професор

(посада, науковий ступінь та вчене звання)



(підпис)

П.О. Фомичов

(прізвище та ініціали)

ПОГОДЖЕНО:

Завідувач відділу

аспірантури і докторантури

(науковий ступінь та вчене звання)



(підпис)

(ініціали та прізвище)

В. Б. Селевко

Голова наукового товариства

студентів, аспірантів,

докторантів і молодих вчених

(науковий ступінь та вчене звання)



(підпис)

(ініціали та прізвище)

Т. П. Старовойт

### 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 5	<p><b>Галузь знань</b>  <u>13 «Механічна інженерія»</u>  <small>(шифр та найменування)</small></p> <p><b>Спеціальність</b>  <u>132 «Матеріалознавство»</u>  <small>(код та найменування)</small></p> <p><b>Освітньо-наукової програма</b>  <u>«Матеріалознавство»</u>  <small>(найменування)</small></p> <p><b>Рівень вищої освіти:</b>                      третій (освітньо-науковий)</p>	Вибіркова
Кількість модулів – 1		<b>Навчальний рік</b>
Кількість змістовних модулів – 2		2020/2021
Індивідуальне завдання _____ <small>(назва)</small>		<b>Семестр</b>
Загальна кількість годин – 64/86		3 -й
		<b>Лекції</b> <sup>1)</sup>
		32 години
		<b>Практичні, семінарські</b> <sup>1)</sup>
		32 години
		<b>Лабораторні</b> <sup>1)</sup>
	- години	
	<b>Самостійна робота</b>	
	86 години	
	<b>Вид контролю</b>	
	модульний контроль іспит	
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи студента – 2.7		

#### Примітка

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання –  $64/86=0.74$

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета** курсу є підготовка спеціалістів до вирішення наукових і інженерних задач по розрахункам експлуатаційних навантажень за профілем типового польоту і забезпеченню проектного ресурсу силової конструкції літального апарату.

**Завдання** курсу полягає у вивченні аспірантами вимог Норм льотної придатності, галузевих стандартів, моделей турбулентності атмосфери, методів розрахунків навантажень, довговічності регулярних зон і зон конструктивної нерегулярності агрегатів силової конструкції за профілем типового польоту, допустимих напружень, що забезпечують проектний ресурс конструкції, що проектується.

В результаті засвоєння курсу “Теорія і прикладні проблеми динаміки та міцності машин” аспірант повинен оволодіти наступними компетенціями

### **Загальними:**

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу

ЗК02. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

### **Загальними:**

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу

ЗК02. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

### **Фаховими:**

СК01. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у галузі матеріалознавства та дотичних до нього міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з матеріалознавства та суміжних галузей.

СК02. Здатність усно і письмово презентувати та обговорювати результати наукових досліджень та/або інноваційних розробок українською та іноземною мовами, глибоке розуміння іншомовних наукових текстів за напрямом досліджень.

СК05. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру, обґрунтовано здійснювати вибір технологій виготовлення, оброблення, випробування матеріалів і виробів для конкретних умов експлуатації, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

СК06. Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти в сфері матеріалознавства та дотичні до нього міждисциплінарні проекти, з метою їх представлення на міжнародних конференціях, симпозиумах.

СК07. Здатність дотримуватись етики досліджень, а також правил академічної доброчесності в наукових дослідженнях та науково-педагогічній діяльності.

СК09. Здатність до продукування нових ідей і розв'язання комплексних проблем наукового пізнання, а також до застосування сучасних методологій,

методів та інструментів педагогічної та наукової діяльності в матеріалознавстві та інших технічних науках.

### **Програмні результати навчання:**

ПРН01. Мати передові концептуальні та методологічні знання з матеріалознавства і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідної галузі, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.

ПРН02. Вільно презентувати та обговорювати з фахівцями і нефахівцями результати досліджень, наукові та прикладні проблеми матеріалознавства державною та іноземною мовами, кваліфіковано відображати результати досліджень у наукових публікаціях у провідних міжнародних наукових виданнях.

ПРН03. Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані.

ПРН04. Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у матеріалознавстві та дотичних міждисциплінарних напрямках.

ПРН05. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з матеріалознавства та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

ПРН06. Уміти застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи.

ПРН07. Розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні інженерні проекти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати значущі наукові та технологічні проблеми матеріалознавства з дотриманням норм академічної етики і врахуванням соціальних, економічних, екологічних та правових аспектів.

ПРН08. Розуміти загальні принципи та методи технічних наук, а також методологію наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях у сфері матеріалознавства та у викладацькій практиці.

ПРН12. Знати сучасні підходи та засоби моделювання досліджуваних об'єктів та процесів управління, в тому числі в аерокосмічній галузі, вміти створювати нові, вдосконалювати та розвивати методи математичного і комп'ютерного моделювання складних систем, оптимізації та прийняття рішень

ПРН13. Знати сучасні методи ведення науково-дослідних робіт, інформаційні технології, методи експериментування, що застосовуються в дослідницькій практиці.

Вивчення курсу "Процеси механічної та фізико-технічної обробки, обладнання та інструмент"\_ базується на загальних знаннях з дисципліни «ІТ в практиці наукових досліджень», «Основи методології наукових досліджень» та є базою для написання наукової роботи.

Вивчення курсу «Теорія та прикладні проблеми динаміки та міцності машин»\_ базується на загальних знаннях з дисципліни «ІТ в практиці наукових досліджень», «Основи методології наукових досліджень» та є базою для написання наукової роботи.

### **3. Програма навчальної дисципліни**

**Модуль 1.** Сучасні методи досліджень динаміки і забезпечення втомної міцності авіаційних конструкцій.

**Змістовий модуль 1.** Проблеми забезпечення втомної міцності.

**Тема 1.** Механізм втомного руйнування металів. Втомні і циклічні деформаційні характеристики матеріалів. Критерії втомного руйнування.

**Тема 2.** Довговічність авіаційних конструкцій, мало і багато циклова втома. Принципи проектування, регулярні та нерегулярні зони конструкції.

**Тема 3.** Живучість авіаційних монолітних та збірних конструкцій. Підходи механіки руйнування. Коефіцієнт інтенсивності напружень. Рівняння Періса.

**Тема 4.** Розсіяння втомних характеристик. Статистичні підходи при розрахунках довговічності. Вплив якості обробки поверхні на довговічність. Визначення коефіцієнтів надійності при розрахунку ресурсу конструкції.

**Тема 5.** Конструктивно – технологічні методи забезпечення втомної міцності агрегатів літального апарату.

**Модуль 2.** Сучасні методи розрахунків ресурсу авіаційних конструкцій.

**Змістовий модуль 2.** Розрахунки ресурсу агрегату літака за профілем типового польоту.

**Тема 6.** Поняття про ефективний коефіцієнт концентрації напруг. Розрахункове та експериментальне визначення ефективного коефіцієнта концентрації. Застосування методу скінчених елементів.

**Тема 7.** Формування профілю типових навантажень агрегату авіаційної конструкції літака. Галузевий стандарт «Моделі турбулентності атмосфери». Дискретна і безперервна моделі атмосферної турбулентності.

**Тема 8.** Методи розрахунків довговічності елементів авіаконструкцій за номінальним і локальним напружено деформованим станом.

**Тема 9.** Розрахунок допустимих напружень, що забезпечують проектний ресурс агрегату літака. Формування програми ресурсних випробувань конструкції.

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
		лекції	прак.р.	лаб.р.	інд.р.	сам.р.
1	2	3	4	5	6	7
<b>Змістовий модуль 1.</b>						
Тема 1 . Механізм втомного руйнування	12	2	4	-	-	6
Тема 2 . Довговічність авіаційних конструкцій, принципи проектування.	15	4	2	-	-	9
Тема 3 . Живучість тонкостінних монолітних та збірних конструкцій. Підходи механіки руйнування.	15	2	4	-	-	9
Тема 4 . Розсіяння втомних характеристик. Статистичні підходи при розрахунках довговічності.	15	4	4	-	-	11
Тема 5. Конструктивно – технологічні методи забезпечення втомної міцності агрегатів літального апарату.	15	2	2	-	-	11
Модульний контроль 1.	2	2	-	-	-	-
Разом за змістовим модулем 1	74	16	16	-	-	42
<b>Змістовий модуль 2.</b>						
Тема 6. Поняття про ефективний коефіцієнт концентрації напруг. Розрахункове та експериментальне визначення ефективного коефіцієнта концентрації. Застосування методу скінченних елементів.	18	4	4	-	-	10
Тема 7. Формування профілю типових навантажень агрегату авіаційної конструкції літака. Галузевий стандарт «Моделі турбулентності атмосфери». Дискретна і безперервна моделі атмосферної турбулентності.	20	4	4	-	-	12

Тема 8. Методи розрахунків довговічності елементів авіаконструкцій за номінальним і локальним напружено деформованим станом.	18	4	4	-	-	10
Тема 9. Розрахунок допустимих напружень, що забезпечують проектний ресурс літака. Формування програми ресурсних випробувань конструкції.	18	2	4	-	-	12
Модульний контроль 2.	2	2	-	-	-	-
Разом за змістовим модулем 2	76	16	16	-	-	44
Усього годин	150	32	32	-	-	86

### 5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не передбачено	
2		

### 6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Обробка результатів втомних випробувань за методом найменших квадратів. Криві втоми Велера, Кофіна, Менсона.	2
2	Розрахунок еквівалентних напружень за коефіцієнтом асиметрії та видом напружено деформованого стану.	4
3	Розрахунок довговічності при програмованому навантаженні. Гіпотези сумування втомних пошкоджень.	4
4	Ефективні та теоретичні коефіцієнти концентрації напруг, методи їх розрахунків.	4
5	Розрахунок довговічності регулярних зон крила літака по циклограмі навантаження.	4
6	Розрахунок довговічності регулярних зон крила літака за інтегральною повторюваністю перевантажень.	4
7	Розрахунок довговічності поперечного стику панелей крила літака.	4
8	Розрахунок допустимих напружень, що забезпечують проектний ресурс конструкції.	4
9	Формування програми ресурсних випробувань конструкції.	2
	Усього годин	32

### 7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість
-------	------------	-----------



		ГОДИН
1	Не передбачено	

### 8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Механізм втомного руйнування.	8
2	. Довговічність авіаційних конструкцій, мало циклова і багато циклова втома конструкції, принципи проектування.	9
3	Живучість тонкостінних монолітних та збірних конструкцій. Підходи механіки руйнування.	8
4	Статистичні підходи при розрахунках довговічності.	10
5	Конструктивно - технологічні методи підвищення довговічності.	8
6	Визначення ефективного коефіцієнту концентрації напруг.	8
7	Розрахунок ресурсу крила неманеврового літака за профілем типового польоту.	9
8	Метод розрахунку довговічності елементів авіаконструкцій по номінальній нарузі.	9
9	Метод розрахунку довговічності по локальному напружено деформованому стану.	8
10	Розрахунок допустимих напружень, що забезпечують проектний ресурс конструкції.	9
	<b>Разом</b>	<b>86</b>

### 9. Індивідуальні завдання

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1	2	3
1	Не передбачене	

### 10. Методи навчання

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

### 11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, фінальний контроль у вигляді екзамену.

### 12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують аспіранти

12.1. Розподіл балів, які отримують аспіранти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
<b>Змістовний модуль 1</b>			
Робота на лекціях	0...1	5	0...5

Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	4...5	5	20...25
Модульний контроль	12...20	1	12...20
<b>Змістовний модуль 2</b>			
Робота на лекціях	0...1	4	0...4
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	4...5	4	16...20
Модульний контроль	12...26	1	12...26
<b>Усього за семестр</b>			<b>60...100</b>

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

Білет для іспиту/заліку складається з двох теоретичних питань та одної практичної задачі. Кожен теоретичне питання оцінюється в двадцять п'ять балів, а практична задача – в п'ятдесят балів.

#### 12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- механізм втомного руйнування металів,
- методи розрахунків довговічності авіаційних конструкцій,
- принципи проектування авіаційних конструкцій,
- підходи механіки руйнування конструкцій,
- конструктивно - технологічні методи підвищення довговічності елементів авіаційних конструкцій,
- моделі турбулентності атмосфери,
- метод скінчених елементів,
- метод визначення допустимих навантажень, що забезпечують ресурс конструкції.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- виконувати обробку результатів статичних і втомних випробувань,
- використовувати метод скінчених елементів для визначення теоретичних і ефективних коефіцієнтів концентрації напружень,
- визначати еквівалентні напруження за коефіцієнтом асиметрії та видом напружено деформованого стану,
- виконувати розрахунки довговічності при нерегулярному навантаженні,
- виконувати розрахунки довговічності при контактній передачі зусиль,
- визначати допустимі напруження, що забезпечують ресурс конструкції.

#### 12.3 Критерії оцінювання роботи аспіранта протягом семестру

**Задовільно (60-74).** Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі практичні роботи. Вміти самостійно давати характеристику методів розрахунків втомної міцності авіаційних конструкцій.

**Добре (75 - 89).** Твердо знати мінімум знань, виконати усі завдання. Показати вміння виконувати та захищати всі практичні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Орієнтуватися у методах розрахунків. Вміти вибирати раціональний метод для задачі, яка вирішується.

**Відмінно (90 - 100).** Повно знати основній та додатковий матеріал. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Досконально знати технології, які

використовуються при проектуванні агрегатів авіаційних конструкцій. Вміти формулювати метод розрахунку наукових і інженерних задач забезпечення втомної міцності авіаційних конструкцій.

### 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

### 13. Методичне забезпечення

1. Воробйов Ю.А., Сисоєв Ю.О. Правила оформлення навчальних і науково-дослідних документів. – 4-те вид., випр. і доп. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2019. – 88 с.

[http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Vorobjov\\_Pravila.pdf](http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Vorobjov_Pravila.pdf)

2. Евсеев Л.А., Миронов К.В., Фомичев П.А. «Расчет шасси самолета на прочность» (Учебное пособие), ХАИ, 1988г. Наявність в бібліотеці – Б 357, наявність на кафедрі – К 22.

3. Фомичев П. А. Проектирование и расчет на прочность шасси рессорного типа [Электронный ресурс]: учеб. пособие / П. А. Фомичев, Т. С. Бойко, С. Ф. Мандзюк, Е. Ф. Кучерявый. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2015. – 82 с. –

[http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Fomichev\\_Proektirovanie\\_I\\_Raschet.pdf](http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Fomichev_Proektirovanie_I_Raschet.pdf)

4. Фомичев П.А., Мандзюк С.Ф. Программное обеспечение расчетов шасси рессорного типа

PROGIB, SHASSI, PRORES, ХАИ, 2017г.

### 14. Рекомендована література

#### 14,1 Базова.

1. Фомичев П. А. Расчет на прочность самолета. Часть 1. [Электронный ресурс]: конспект лекций / П. А. Фомичев, А. В. Заруцкий, С. Ф. Мандзюк – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2017. – 165с. –

[http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Fomichev\\_Raschet\\_na\\_Prochnost.pdf](http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Fomichev_Raschet_na_Prochnost.pdf)

2. Фомичев П. А. Расчет ресурса авиационной техники. [Электронный ресурс]: конспект лекций. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2017. – 50с.

3. Сопротивление усталости элементов конструкций. / А. З. Воробьев, Б. И. Олькин, В. Н. Стебенев и др. – М.: Машиностроение, 1990. – 240с.

4. Р. Б. Хэйвуд. Проектирование с учетом усталости. – М.: Машиностроение, 1969. – 504с.

5. Дж. Тейлор. Нагрузки, действующие на самолет. – М.: Машиностроение, 1971. – 372с.

6. Нормы летной годности CS-VLA, CS.23.

#### 14.2 Допоміжна

1. Фомичев П.А. «Методы расчета усталостной долговечности элементов авиаконструкций» (Учебное пособие), ХАИ, 1992г. Наявність в бібліотеці – Б 1, наявність на кафедрі – К 64.
2. Фомичев П.А. «Теоретические основы расчетов долговечности при нерегулярном нагружении» (Учебное пособие), ХАИ, 1992г. Наявність в бібліотеці – Б 1, наявність на кафедрі – К 49.

#### 15. Інформаційні ресурси

[k102@khai.edu](mailto:k102@khai.edu) - Сайт кафедри

<https://avia.gov.ua> – Державна авіаційна служба України

<https://www.easa.europa.eu> – Европейское агентство авиационной безопасности

<https://www.faa.gov/> – Федеральное управление гражданской авиации США