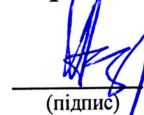


Міністерство освіти і науки України  
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра міцності літальних апаратів (№ 102)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Гарант освітньої програми

  
(підпис)

Цирюк О.А.  
(ініціали та прізвище)

« 31 » 08 2021 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ  
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Міцність літальних апаратів**

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 13 Механічна інженерія  
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальності: 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка  
(код та найменування спеціальності)

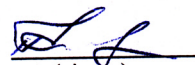
Освітні програми: Ракетні та космічні комплекси  
(найменування освітньої програми)

**Форма навчання: денна**

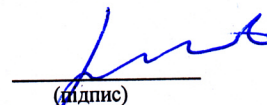
**Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)**

**Харків 2021 рік**

Розробник: професор, д. т. н. П.О.Фомичов  
(прізвище та ініціали, посада, наукова ступінь та вчене звання)

  
(підпис)

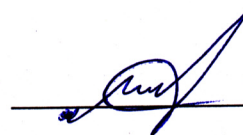
ст. викладач К.В. Миронов  
(прізвище та ініціали, посада, наукова ступінь та вчене звання)

  
(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри міцності літальних апаратів  
(назва кафедри)

Протокол № 2 від « 30 » серпня 2021 р.

Завідувач кафедри д. т. н., професор



В.Ю.Мірошніков

## 1. Опис навчальної дисципліни

| Найменування показника                                                                                          | Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти                                                                                                                                                                                                           | Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання) |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Кількість кредитів<br>4,5                                                                                       | <u><b>Галузь знань</b></u><br>13 Механічна інженерія<br><br><u><b>Спеціальності</b></u><br>134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка<br><br><u><b>Освітні програми</b></u><br>Ракетні та космічні комплекси<br><br><b>Рівень вищої освіти:</b><br><br>перший (бакалаврський) | Цикл професійної підготовки (за вибором)                    |
| Кількість модулів – 1                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>Навчальний рік</b>                                       |
| Кількість змістовних модулів – 3                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                              | 2020/2021                                                   |
| Загальна кількість годин – 135<br>аудиторних - 64                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>Семестр</b>                                              |
|                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                              | 6-й                                                         |
|                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>Лекції*</b>                                              |
| Кількість тижневих годин для денної форми навчання:<br>аудиторних – 4<br><br>самостійної роботи студента – 4,44 |                                                                                                                                                                                                                                                                              | 32 години                                                   |
|                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>Практичні, семінарські*</b>                              |
|                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                              | 32 годин                                                    |
|                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>Лабораторні*</b>                                         |
|                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                              | - години                                                    |
|                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>Самостійна робота</b>                                    |
|                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                              | 71 години                                                   |
|                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>Вид контролю</b>                                         |
|                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                              | модульний контроль, іспит                                   |

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: для денної форми навчання – 64/71.

## **2. Мета та завдання навчальної дисципліни**

**Мета вивчення** – дати студентам знання та уміння розрахунку на міцність елементів конструкцій.

**Завдання** – вивчення методів забезпечення міцностних вимог до елементів конструкції при проектуванні літальних апаратів.

**Компетентності, які набуваються:** Здатність приймати обґрунтовані рішення, Здатність проводити розрахунки елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки на міцність; Здатність призначати матеріали для елементів конструкції авіаційної та ракетно-космічної техніки; Здатність проектувати та проводити випробування елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки, її обладнання, систем та підсистем.

**Очікувані результати навчання:** Володіти навичками визначення навантажень на конструктивні елементи ракетно-космічної техніки на усіх етапах її життєвого циклу; Обчислювати напружено-деформований стан, визначати несучу здатність конструктивних елементів та надійність систем авіаційної та ракетно-космічної техніки; Описувати експериментальні методи дослідження структурних, фізико-механічних і технологічних властивостей матеріалів та конструкцій.

**Пререквізити** – базується на знанні фізики, теоретичної механіки, матеріалознавства, математики, механіки матеріалів, аеродинаміки, механіки конструкцій, конструкції літальних апаратів та технології їх виготовлення.

**Кореквізити** – Знання дисципліни «Міцність літальних апаратів» використовується при вивченні проектування ЛА та технології їх виробництва.

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

#### **Модуль 1.**

**Змістовий модуль 1. Основні принципи оцінювання міцності авіаційних конструкцій.**

##### **ТЕМА 1. Вступ.**

Предмет вивчення і задачі дисципліни. Місце курсу “Міцність літальних апаратів” серед дисциплін міцностного циклу. Міцностні вимоги до конструкції літальних апаратів (ЛА).

##### **ТЕМА 2. Граничні стани.**

Граничні стани матеріала. Теорії міцності. Граничні стани елементів конструкції, конструкції в цілому.

##### **ТЕМА 3. Розрахункові випадки навантаження.**

Просте навантаження. Найнебезпечніше навантаження. Граничне навантаження. Розрахункові випадки навантаження. Норми міцності.

##### **ТЕМА 4. Метод граничної рівноваги.**

Граничне навантаження – критерій міцності. Гранична рівновага. Розрахунок шпангоутів методом граничної рівноваги.

##### **ТЕМА 5. Метод руйнівальних навантажень.**

Методи міцностних розрахунків. Вимоги мінімальної маси елементів конструкції ЛА. Коефіцієнт граничного навантаження. Коефіцієнт безпеки. Метод руйнівальних навантажень.

#### **Змістовий модуль 2. Навантаження літальних апаратів**

##### **ТЕМА 6. Сили, які діють на літальний апарат.**

Класифікація навантажень. Активні, пасивні, поверхневі, масові сили. Коефіцієнт перевантаження.

##### **ТЕМА 7. Траєкторні перевантаження.**

Перевантаження, які діють на ЛА при польоті в вертикальній площині. Системи координат. Невагомість.

##### **ТЕМА 8. Збурення, які діють на ЛА.**

Перевантаження, які викликані зустріччю ЛА з вертикальними та горизонтальними поривами повітря. Перевантаження, які викликані відхиленням рульової поверхні.

##### **ТЕМА 9. Визначення перевантажень та поверхневих зусиль в розрахункових режимах.**

Потрібне та наявне перевантаження. Розрахункові режими неманевреного та маневреного польоту. Визначення кутів атаки та кутів відхилення руля. Визначення перевантажень та поверхневих зусиль, що діють на агрегати ЛА.

##### **Модульний контроль.**

### **Змістовий модуль 3. Основи розрахунку на міцність корпусу літальних апаратів**

#### **ТЕМА 10. Навантаження корпусу ЛА**

Силові схеми корпусу ЛА. Основні силові елементи. Епюри внутрішніх зусиль.

#### **ТЕМА 11. Врівноваження корпусу л.а. Побудова епюр внутрішніх зусиль в перерізах л.а. в розрахункових режимах.**

#### **ТЕМА 12. Міцність безстрингерного відсіку корпусу ЛА.**

Розрахункова схема. Визначення нормальних та дотичних напружень в перерізі корпусу безстрингерного відсіку (БСВ). Міцність БСВ при стисканні. Втрата стійкості. Міцність БСВ при сумісній дії стискання, згинання та зсуву. Проектувальний розрахунок. Нелінійне деформування.

#### **ТЕМА 13. Міцність стрингерного відсіку.**

Вплив стрингерів на стійкість обшивки відсіку. Навантаження відсіку. Визначення нормальних та дотичних напружень при лінійному деформуванні.

#### **ТЕМА 14. Втрата стійкості силових елементів.**

Визначення нормальних та дотичних критичних напружень втрати стійкості при стисканні, згинанні, зсуві. Визначення критичних напружень при сумісній дії стискання, згинання та зсуву.

#### **ТЕМА 15. Проектувальний розрахунок стрингерного корпусу при стисканні.**

Розрахункова схема. Умови міцності. Додаткові умови. Проектування БСВ. Визначення питомих напружень втрати стійкості. Визначення геометричних параметрів стрингера. Визначення питомої жорсткості шпангоута.

#### **Модульний контроль.**

### **4. Структура навчальної дисципліни**

| Назва змістовного модуля і тем                                                           | Кількість годин |              |   |      |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------|---|------|-------|
|                                                                                          | Усього          | У тому числі |   |      |       |
|                                                                                          |                 | л            | п | лаб. | с. р. |
| 1                                                                                        | 2               | 3            | 4 | 5    | 6     |
| <b>Модуль 1</b>                                                                          |                 |              |   |      |       |
| <b>Змістовний модуль 1. Основні принципи оцінювання міцності авіаційних конструкцій.</b> |                 |              |   |      |       |
| Тема 1. Вступ                                                                            | 8               | 2            | 2 |      | 4     |
| Тема 2. Граничні стани                                                                   | 6               | 2            | 2 |      | 2     |
| Тема 3.<br>Розрахункові випадки навантаження                                             | 7               | 2            | 2 |      | 3     |
| Тема 4. Метод граничної                                                                  | 8               | 2            | 2 |      | 4     |

|                                                                                |            |           |           |  |           |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------|-----------|--|-----------|
| рівноваги                                                                      |            |           |           |  |           |
| Тема 5. Метод руйнівальних навантажень                                         | 8          | 2         | 2         |  | 4         |
| Разом за змістовним модулем 1                                                  | 37         | 10        | 10        |  | 17        |
| <b>Змістовний модуль 2. Навантаження літальних апаратів</b>                    |            |           |           |  |           |
| Тема 6. Сили, які діють на літальний апарат                                    | 8          | 2         | 2         |  | 4         |
| Тема 7. Траєкторні перевантаження                                              | 8          | 2         | 2         |  | 4         |
| Тема 8. Збурення, які діють на ЛА                                              | 8          | 2         | 2         |  | 4         |
| Тема 9. Визначення перевантажень та поверхневих зусиль в розрахункових режимах | 8          | 2         | 2         |  | 4         |
| Модульний контроль                                                             | 2          | 2         |           |  |           |
| Разом за змістовним модулем 2                                                  | 34         | 10        | 8         |  | 16        |
| <b>Змістовний модуль 3. Основи розрахунку на міцність корпусу ЛА</b>           |            |           |           |  |           |
| Тема 10. Навантаження корпусу ЛА                                               | 8          | 2         | 2         |  | 4         |
| Тема 11. Врівноваження корпусу л.а.                                            | 6          | 2         | 2         |  | 2         |
| Тема 12. Міцність безстрингерного відсіку корпусу ЛА                           | 8          | 2         | 2         |  | 4         |
| Тема 14. Втрата стійкості силових елементів                                    | 8          | 2         | 2         |  | 4         |
| Тема 15. Проектувальний розрахунок стрингерного корпусу при стисканні          | 24         | 2         | 2         |  | 20        |
| Модульний контроль                                                             | 2          |           | 2         |  |           |
| Разом за змістовним модулем 3                                                  | 64         | 12        | 14        |  | 38        |
| <b>Усього годин</b>                                                            | <b>135</b> | <b>32</b> | <b>32</b> |  | <b>71</b> |

### 5. Теми семінарських занять

| № п/п | Назва теми    | Кількість годин |
|-------|---------------|-----------------|
|       | Не плануються | -               |

## 6. Теми практичних занять

| №<br>п/п | Назва теми                                                                                                                      | Кількість<br>годин |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| 1        | Дослідження напруженого стану лонжерона. Визначення нормальних напружень.                                                       | 2                  |
| 2        | Дослідження напруженого стану лонжерона. Визначення дотичних напружень.                                                         | 2                  |
| 3        | Розрахунок зовнішніх навантажень на ЛА в розрахунковому режимі «найбільші поперечні навантаження на маневровій ділянці польоту» | 4                  |
| 4        | Розрахунок внутрішніх зусиль в перерізі корпусу ЛА                                                                              | 4                  |
| 5        | Міцність безстрингерного відсіку при стисканні                                                                                  | 2                  |
| 6        | Числове дослідження міцності безстрингерного відсіку при довільному навантаженні                                                | 4                  |
| 7        | Стійкість та закритичне деформування стрінгера                                                                                  | 2                  |
| 8        | Граничні стани стрингерного відсіку при чистому стисканні                                                                       | 4                  |
| 9        | Розрахунок звичайних шпангоутів                                                                                                 | 4                  |
| 10       | Розрахунок силових шпангоутів                                                                                                   | 2                  |
|          | Модульний контроль                                                                                                              | 2                  |
|          | Разом                                                                                                                           | 32                 |

## 7. Теми лабораторних занять

| №<br>з/<br>п | Назва теми    | Кількість<br>годин |
|--------------|---------------|--------------------|
|              | Не плануються |                    |

## 8. Самостійна робота

| №<br>з/п | Назва теми                                                             | Кількість<br>годин |
|----------|------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| 1        | Вступ                                                                  | 4                  |
| 2        | Граничні стани                                                         | 4                  |
| 3        | Розрахункові випадки навантаження                                      | 3                  |
| 4        | Метод граничної рівноваги                                              | 4                  |
| 5        | Метод руйнівальних навантажень                                         | 4                  |
| 6        | Сили, які діють на літальний апарат                                    | 4                  |
| 7        | Траскторні перевантаження                                              | 4                  |
| 8        | Збурення, які діють на ЛА                                              | 4                  |
| 9        | Визначення перевантажень та поверхневих зусиль в розрахункових режимах | 4                  |



|    |                                                              |    |
|----|--------------------------------------------------------------|----|
| 10 | Навантаження корпусу ЛА                                      | 4  |
| 11 | Міцність безстрингерного відсіку корпусу ЛА                  | 4  |
| 12 | Міцність стрингерного відсіку                                | 4  |
| 13 | Втрата стійкості силових елементів                           | 4  |
| 14 | Проектувальний розрахунок стрингерного корпусу при стисканні | 20 |
|    | Разом                                                        | 71 |

## 9. Індивідуальні завдання

Не планується

## 10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, лабораторних робіт, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота здобувачів за матеріалами рекомендованої літератури.

## 11. Методи контролю

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

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

| Складові навчальної роботи          | Бали за одне заняття (завдання) | Кількість занять (завдань) | Сумарна кількість балів |
|-------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| <b>Змістовний модуль 1 та 2</b>     |                                 |                            |                         |
| Робота на лекціях                   | 0...1                           | 4                          | 0...4                   |
| Виконання і захист практичних робіт | 0...5                           | 7                          | 0...35                  |
| Модульний контроль                  | 0...11                          | 1                          | 0...11                  |
| <b>Змістовний модуль 3</b>          |                                 |                            |                         |
| Робота на лекціях                   | 0...1                           | 4                          | 0...4                   |
| Виконання і захист практичних робіт | 0...5                           | 7                          | 0...35                  |
| Виконання і захист РР               | 0...11                          | 1                          | 0...11                  |
| <b>Усього за семестр</b>            |                                 |                            | <b>0...100</b>          |

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 питань ( по 30 балів), та одного практичного запитання (40 балів).

### **Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру**

**Задовільно (60-74).** Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні та домашні завдання. Виконати та захистити розрахункову роботу. Одержати мінімальні оцінки по контрольним роботам модульного контролю.

**Добре (75-89).** Твердо знати мінімум знань. Виконати всі завдання та захистити лабораторні роботи з оцінкою «добре». Вміти визначити параметри напружено-деформованого стану елементів конструкції корпусу л. а.

**Відмінно (90-100).** Одержати оцінки протягом семестру не нижче 90 балів. Повно знати основний матеріал. Орієнтуватися в методах розрахунку на міцність. Вміти формувати висновок про міцність та його обґрунтовувати.

### **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. Львов М.П. Прочность силового шпангоута. Учебное пособие. Харьков, ХАИ, 1985 г. Б=0єкз. К=15єкз.
2. Львов М.П. Проектировочный расчет сжатого отсека корпуса ЛА. Харьков, ХАИ., 1985 г. Б=0єкз. К=40єкз.
3. Львов М.П. Нагрузки на летательный аппарат в расчетных режимах. Харьков, ХАИ, 1991 г. Б=0єкз. К=39єкз.
4. Львов М.П. Лабораторный практикум по прочности ЛА. Учебное пособие, Харьков, ХАИ, 1990 г. Б=0єкз. К=15єкз.
5. Львов М.П. Подбор параметров силовых элементов крыла по условиям прочности. Учебное пособие, Харьков, ХАИ, 1995 г. Б=0єкз. К=18єкз.
6. Рябченко В.М. «Сертификация авиационной техники в Украине» Харьков, ХАИ, 2013 214 стр.

## **14. Рекомендована література**

### **Базова**

1. Фигуровский В.И. Расчет на прочность беспилотных аппаратов. М.Машиностроение. 1973 г., 359 стр., Б-17.
2. Авдонин А.С., Фигуровський В.И. "Расчет на прочность ЛА" М. "Машиностроение", 1990 год, 440 стр., Б-141.
3. Прочность ракетных конструкций. Под редакцией В.И.Мосаковского. М., Высшая школа. 1990 г., 360 стр. Б-10.

### **Допоміжна**

1. Балабух Л.И., Алфутон Н.А., Усюкин В.И. "Строительная механика ракет". М. "Высшая школа" 1994 г., 391 стр. (часть II), Б-36.
2. Лизин В.Т., Пяткин В.А. "Проектирование тонкостенных конструкций". М. "Машиностроение", 1997 г., 344 стр., Б-17.
3. Лебедев А.А., Чернобровкин Л.С. Динамика полёта беспилотных летательных аппаратов. М. Машиностроение 1973 г., 618 стр., Б-12.

## **15. Інформаційні ресурси**

Сайт кафедри [k102@d1.khai.edu](mailto:k102@d1.khai.edu)