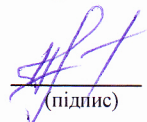


Міністерство освіти і науки України  
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра міцності літальних апаратів (№ 102)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Керівник проектної групи

  
(підпис)

П.О. Фомичов

(ініціали та прізвище)

«      »                      2020 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ  
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Основи теорії пружності, пластичності та повзучості**

(назва навчальної дисципліни)

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

Спеціальності: 131 Прикладна механіка  
(код та найменування спеціальності)

Освітні програми: Динаміка та міцність машин  
(найменування освітньої програми)

**Форма навчання: денна**

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

**Харків 2020 рік**

Робоча програма «Основи теорій пружності, пластичності та повзучості»  
(назва дисципліни)

для студентів за спеціальностями 131 Прикладна механіка

освітніми програмами Динаміка та міцність машин,

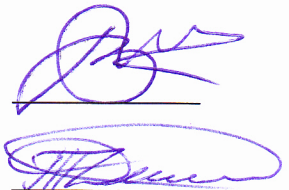
« 28» серпня 2020 р., – 10 с.

Розробник:

к.т.н., доц. В.Б. Минтюк

асистент Д.А. Ткаченко

(прізвище та ініціали, посада, наукова ступінь та вчене звання)

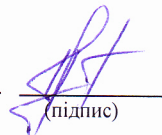


(підпис)

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

Протокол № 1 від « 31» серпня 2020 р.

Завідувач кафедри д. т. н., професор  
(наукова ступінь та вчене звання)



(підпис)

П. О. Фомичов  
(ініціали та прізвище)

## 1. Опис навчальної дисципліни

| Найменування показника                                                                                        | Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти                                                                                                                                                                                              | Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Кількість кредитів<br>4                                                                                       | <p><b><u>Галузь знань</u></b><br/>13 Механічна інженерія</p> <p><b><u>Спеціальності</u></b><br/>131 Прикладна механіка,</p> <p><b><u>Освітні програми</u></b><br/>Динаміка та міцність машин,</p> <p><b>Рівень вищої освіти:</b><br/>перший (бакалаврський)</p> | Цикл професійної підготовки (Нормативна)                    |
| Кількість модулів – 1                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>Навчальний рік</b>                                       |
| Кількість змістовних модулів – 2                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                 | 2020/2021                                                   |
| Індивідуальне завдання <u>РР</u><br>(назва)                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>Семестр</b>                                              |
| Загальна кількість годин – 120<br>56/64                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                 | 5-й                                                         |
| Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4,7<br><br>самостійної роботи студента – 5,3 |                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>Лекції*</b>                                              |
|                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                 | 32 години                                                   |
|                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>Практичні, семінарські*</b>                              |
|                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                 | 24 годин                                                    |
|                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>Лабораторні*</b>                                         |
|                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                 | 0 годин                                                     |
|                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>Самостійна робота</b>                                    |
|                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                 | 64 години                                                   |
|                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>Вид контролю</b>                                         |
|                                                                                                               | модульний контроль, залік                                                                                                                                                                                                                                       |                                                             |

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: для денної форми навчання – 56/64.

\*Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину залежно від розкладу занять.

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета вивчення:** напрацювання навичок побудови та дослідження адекватних моделей деформування суцільного середовища; ознайомлення студента з основними співвідношеннями та законами трьох самостійних фундаментальних теорій, за допомогою яких стає можливим провести розрахунки напружено-деформівного стану будь якої складної конструкції, чи окремих її елементів.

**Завдання:** вивчення дисципліни «Теорія пружності, пластичності та повзучості»; оволодіння знаннями про методи та прийоми, підходи до аналізу деформованого та напруженого стану будь-якої складної конструкцій, в особливості тонкостінних, авіаційних конструкцій, під дією різноманітних навантажень, які можуть виникнути в умовах реальної експлуатації; формування практичних навиків проведення розрахунків складних несних просторових систем з урахуванням їх пружно-пластичних властивостей за допомогою теорій пружності, пластичності та повзучості; вироблення навичок у побудові адекватних розрахункових моделей для реальних конструкцій, що забезпечують достатню точність обчислення у інженерних розрахунках.

**Результати навчання:** в результаті засвоєння курсу «Основи теорій пружності, пластичності та повзучості» студенти повинні:

**знати:**

- гіпотези та припущення теорій пружності, пластичності, повзучості;
- основні закони та положення теорій пружності, пластичності, повзучості;
- загальні теореми, методи, рівняння та фізичні моделі теорій пружності, пластичності, повзучості;
- місце теорій пружності, пластичності, повзучості у системі розрахунків напружено-деформованого стану конструкцій авіаційної промисловості;
- спеціальні підрозділи вищої математики, які використовуються при розв'язанні крайових задач в теорії пружності, пластичності та повзучості пластин та оболонок, балок та інших типів конструктивних елементів

**мати уявлення як:**

- обробляти результати експериментів, направлених на встановлення фізичних моделей поведінки матеріалів;
- обирати, розробляти та застосовувати фізичні моделі у галузі теорії деформованого твердого тіла;
- обирати та застосовувати математичні моделі у галузі теорії деформованого твердого тіла;
- формулювати крайові умови різноманітних прикладних задач теорій пружності, пластичності, повзучості;
- застосовувати елементи сучасного математичного аналізу: тензорної алгебри, варіаційного числення, векторної та матричної алгебри при побудові та дослідженні наближених аналітичних розв'язань крайових задач механіки деформівного твердого тіла;

- виконувати аналіз напружено-деформівного стану балок, пластин, оболонок та складних тонкостінних конструкцій з них складених, до складу яких безсуперечно належать конструкції авіаційної та ракето будівельної галузей промисловості;
- користуватися спеціальною літературою.

**Міждисциплінарні зв'язки:** вивчення даної дисципліни передбачає, що студенти вже володіють необхідними знаннями і вміннями з вищої математики, теоретичної механіки, механіки матеріалів та конструкцій.

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

#### **Модуль 1.**

#### **Змістовий модуль 1. Теорія пружності**

##### **Тема 1. Просторова задача теорії пружності.**

Теорія пружності як самостійна наука, історичний розвиток, зв'язок теорії пружності з іншими дисциплінами механіки твердого деформівного тіла. Основні гіпотези та рівняння. Теорія напружень. Теорія деформацій. Узагальнений закон Гука. Розв'язання просторової задачі теорії пружності. Енергія деформування твердого тіла. Теореми теорії пружності. Наближенні методи розв'язання задач теорії пружності.

##### **Тема 2. Плоска задача теорії пружності.**

##### **Тема 3. Задача вигину.**

##### **Тема 4. Теорія пружності тонких пластин.**

##### **Тема 5. Теорія пружності тонких оболонок.**

##### **Тема 6. Задача Сен-Венана про напружено-деформований стан призматичного стержня.**

#### **Модульний контроль**

#### **Змістовий модуль 2. Основи теорії пластичності та повзучості.**

##### **Тема 7. Теорія пластичності.**

Теорія пластичності та повзучості як окремі дисципліни механіки деформівного твердого тіла. Моделі пластичних тіл. Постулат Друкера. Теорії течії. Плоска деформація. Розвантаження, залишкові напруги та деформації. Умови пластичних течій (Треска – Сен-Венана, Мізеса). Вирішення деяких задач за теорією малих пружно-пластичних деформацій.

##### **Тема 8. Теорія повзучості.**

Повзучість та релаксація. Криві повзучості. Технічні теорії повзучості. Розв'язання деяких задач в умовах сталої повзучості. Методи розв'язання несталої повзучості.

#### **Виконання і захист РР**

#### 4. Структура навчальної дисципліни

| Назви змістових модулів і тем                                       | Кількість годин |              |           |          |           |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------|-----------|----------|-----------|
|                                                                     | усього          | у тому числі |           |          |           |
|                                                                     |                 | л            | п         | лаб      | с.р.      |
| 1                                                                   | 2               | 3            | 4         | 5        | 6         |
| <b>Модуль 1</b>                                                     |                 |              |           |          |           |
| <b>Змістовий модуль 1. Теорія пружності</b>                         |                 |              |           |          |           |
| Тема 1. Просторова задача теорії пружності.                         | 12              | 8            | 4         | –        | –         |
| Тема 2. Плоска задача теорії пружності.                             | 7               | 2            | 5         | –        | –         |
| Тема 3. Задача вигину.                                              | 7               | 2            | 5         | –        | –         |
| Тема 4. Теорія пружності тонких пластин.                            | 18              | 4            | 4         | –        | 10        |
| Тема 5. Теорія пружності тонких оболонок                            | 12              | 2            | -         | –        | 10        |
| Тема 6. Задача Сен-Венана.                                          | 12              | 2            | 4         | –        | 6         |
| Модульний контроль                                                  | 2               | 2            | –         | –        | –         |
| Разом за змістовим модулем 1                                        | 70              | 22           | 22        | –        | 26        |
| <b>Змістовий модуль 2. Основи теорії пластичності та повзучості</b> |                 |              |           |          |           |
| Тема 7. Теорія пластичності.                                        | 27              | 5            | 2         | –        | 20        |
| Тема 8. Теорія повзучості.                                          | 23              | 5            | –         | –        | 18        |
| Разом за змістовим модулем 2                                        | 50              | 10           | 2         | –        | 38        |
| <b>Усього годин :</b>                                               | <b>120</b>      | <b>32</b>    | <b>24</b> | <b>–</b> | <b>64</b> |

#### 5. Теми семінарських занять

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

#### 6. Теми практичних занять

| № з/п | Назва теми                                                                                                                       | Кількість годин |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1     | Просторова задача теорії пружності. Теорія напружень.                                                                            | 3               |
| 2     | Просторова задача теорії пружності. Теорія деформацій.                                                                           | 3               |
| 3     | Вирішення плоскої задачі теорії пружності за допомогою поліноміальної функції Ері.                                               | 4               |
| 4     | Розрахунок напружено-деформівного стану балки-стілки при дії різноманітного навантаження.                                        | 2               |
| 5     | Розв'язання задачі вигину тонкої прямокутної пластини за допомогою прямих варіаційних методів.                                   | 4               |
| 6     | Розв'язання задачі вигину круглої пластини в полярній системі координат.                                                         | 2               |
| 7     | Розв'язання задачі Сен-Венана. Використання аналогії Прандтля для визначення розподілу дотичних напружень в поперечному перерізі | 4               |

| № з/п | Назва теми                                                                         | Кількість годин |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
|       | стержня.                                                                           |                 |
| 8     | Пружно-пластичний стан товстостінної труби під різноманітними видами навантаження. | 2               |
|       | <b>Разом</b>                                                                       | 24              |

## 7. Теми лабораторних занять

## 8. Самостійна робота

| № з/п | Назва теми                                                                                                             | Кількість годин |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1     | Вивчення елементів тензорної та векторної алгебри.                                                                     | 3               |
| 2     | Прямі варіаційні та чисельні методи аналізу в теорії пружності.                                                        | 7               |
| 3     | Теорія тонких оболонок.                                                                                                | 10              |
| 4     | Задача Сен-Венана.                                                                                                     | 6               |
| 5     | Технічні теорії пластичності та повзучості. В'язкопружність.                                                           | 15              |
| 6     | Відомі аналітичні розв'язання задач теорій пластичності та повзучості.                                                 | 13              |
| 7     | Індивідуальне науково-дослідне завдання: «Розв'язання задачі вигину тонкої оболонки за допомогою варіаційних методів». | 10              |
|       | <b>Разом</b>                                                                                                           | 64              |

## 9. Індивідуальні завдання

## 10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами рекомендованої літератури.

## 11. Методи контролю

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

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

12.1. Розподіл балів, які отримують студенти (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...0,5                         | 10                         | 0...5                   |
| Виконання і захист практичних робіт | 0...3                           | 11                         | 0...33                  |
| Модульний контроль                  | 0...26,5                        | 1                          | 0...26,5                |
| <b>Змістовний модуль 2</b>          |                                 |                            |                         |
| Робота на лекціях                   | 0...0,5                         | 5                          | 0...2,5                 |
| Виконання і захист практичних робіт | 0...3                           | 1                          | 0...3                   |
| Виконання і захист РР               | 0...30                          | 1                          | 0...30                  |
| <b>Усього за семестр</b>            |                                 |                            | <b>100</b>              |

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

Білет для заліку складається з чотирьох теоретичних питань, кожне яких оцінюється в двадцять п'ять балів.

### 12.2. Якісні критерії оцінювання

*Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:*

- Знання основних рівнянь з класичної теорії пружності, пластичності та повзучості;
- Знати як вивіщуються крайові задачі просторової теорії пружності теорії пластин та оболонок тощо;
- Знати інтегральне, диференціальне та варіаційне числення ;
- Знати прийоми та методи аналітичного, наближеного аналітичного та чисельного розв'язання задач механіки деформівного твердого тіла.

*Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:*

- обробляти результати експериментів, направлених на встановлення фізичних моделей поведінки матеріалів;
- обирати, розробляти та застосовувати фізичні моделі у галузі теорії деформованого твердого тіла;
- обирати та застосовувати математичні моделі у галузі теорії деформованого твердого тіла;

- формулювати крайові умови різноманітних прикладних задач теорій пружності, пластичності, повзучості;
- застосовувати елементи сучасного математичного аналізу: тензорної алгебри, варіаційного числення, векторної та матричної алгебри при побудові та дослідженні наближених аналітичних розв’язань крайових задач механіки деформівного твердого тіла.

### 12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

**Задовільно (60-74).** Показати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи та домашні завдання. Знати: основні рівняння з класичної теорії пружності, пластичності та повзучості; вміти вирішувати нескладні проблеми.

**Добре (75-89).** Твердо знати мінімум знань. Показати вміння виконувати та захищати всі лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Знати: основні задачі просторової теорії пружності, теорії пластин та оболонок, володіти методами розв’язання математично складних задач; вміти проводити порівняльний аналіз результатів вирішення задач методами математичної фізики. Володіти сучасними численними методами розв’язання задач теорії пружності (наприклад, методом скінченного елемента, реалізованого в ANSYS).

**Відмінно (90-100).** Здати всі контрольні точки з оцінкою «відмінно». Досконально знати всі теми з основного та додаткового матеріалу та вміти застосовувати їх.

### 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. Теории прочности. Сложное сопротивление / М. Н. Гребенников, Н. И. Пекельный. – Х.: «ХАИ», 2016. – 140 с.
2. Строительная механика летательных аппаратов : учеб. пособие , Ч. 1 / Л. А. Евсеев. – Х. : «ХАИ», 2006. – 79 с.
3. Корнілов Г.Л. Теорія пружності в прикладах та задачах. – «ХАІ», 1994 р., 196 с.

## **14. Рекомендована література**

### **Базова**

1. Новожилов В. В. Теория упругости. – Л.: «Судпромгиз». – 1958. 374 с.
2. Лурье А. И. Теория упругости. – М.: «Наука». – 1970. 939 с.
3. Новацкий В. Теория упругости. – М.: «Мир». – 1975. 872 с.

### **Допоміжна**

4. Малинин Н. Н. Прикладная теория пластичности и ползучести. – М.: «Машиностроение». – 1975. 400 с.
5. Безухов, Н.И. Основы теории упругости, пластичности и ползучести. – М.: «Высшая школа», 1968. 512 с.

## **15. Інформаційні ресурси**

Сайт кафедри <http://k102.khai.edu/>