



# МЕХАНІКА МАТЕРІАЛІВ ТА КОНСТРУКЦІЙ.

## Робоча програма освітньої компоненти (Силабус)

### Реквізити освітньої компоненти

|                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Рівень вищої освіти                         | <i>Перший (бакалаврський)</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Галузь знань                                | <i>13 Механічна інженерія</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Спеціальність                               | <i>134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Освітня програма                            | <i>Інженерія безпілотних та автономних систем</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Статус освітньої компоненти                 | <i>Вибіркова</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Форма навчання                              | <i>очна (денна)</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Рік підготовки, семестр                     | <i>3 курс, осінній семестр</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Обсяг освітньої компоненти                  | <i>4 кредити (120 годин)</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Семестровий контроль/ контрольні заходи     | <i>Залік / МКР</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Розклад занять                              | <i>Лекції 2 години на тиждень (1 пара);<br/>практичні заняття 1 година на тиждень (1 пара раз на 2 тижні),<br/>лабораторні 1 година на тиждень (1 пара раз на 2 тижні)<br/><a href="https://schedule.kpi.ua/">https://schedule.kpi.ua/</a></i>                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Мова викладання                             | <i>Українська</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Інформація про керівника курсу / викладачів | <i>Лектор: д.т.н., професор Сидоренко Юрій Михайлович, <a href="mailto:y.syndorenko@kpi.ua">y.syndorenko@kpi.ua</a>,<br/>Лабораторні та практичні: ст. викладач Мусієнко Ольга Станіславівна</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Розміщення курсу                            | <i>Електронний кампус<br/><a href="http://mmi-dmm.kpi.ua/index.php/ua/materiali/%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B41.html">http://mmi-dmm.kpi.ua/index.php/ua/materiali/%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B41.html</a>;<br/><a href="http://mmi-dmm.kpi.ua/index.php/ua/vikladachi-kafedri/22-sydorenko-yurii-mykhailovych.html">http://mmi-dmm.kpi.ua/index.php/ua/vikladachi-kafedri/22-sydorenko-yurii-mykhailovych.html</a>.<br/><a href="https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob">https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob</a></i> |

### Програма освітньої компоненти

#### 1. Опис освітньої компоненти, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Освітня компонента «МЕХАНІКА МАТЕРІАЛІВ ТА КОНСТРУКЦІЙ» належить до циклу освітніх компонент професійної підготовки яка дозволяє забезпечувати краще розуміння впливу умов експлуатації на основні механічні та хімічні властивості конструкційних матеріалів, які використовуються для виробництва літальних апаратів, а також зміну їх властивостей під впливом знакозмінних навантажень, а також з окремими методиками проведення експериментальних досліджень.

Прослухавши курс студенти мають можливість отримати базові знання про структуру та властивості конструкційних матеріалів, знання основних фізичних та хімічних процесів, які протікають в конструкційних матеріалах, а також методів підвищення їхньої втомної міцності.

Метою освітньої компоненти є формування у здобувачів фахових компетентностей:

- *ФК 03. Здатність призначати оптимальні матеріали для елементів конструкції авіаційної та ракетно-космічної техніки.*
- *ФК 04. Здатність здійснювати розрахунки елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки на міцність.*
- *ФК 05. Здатність проектувати та здійснювати випробування елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки, її обладнання, систем та підсистем.*
- *ФК 10. Здатність здійснювати діагностику та випробування авіаційних та ракетно-космічних систем, їх віброзахист*

*Основні завдання освітньої компоненти.*

*Згідно з вимогами програми студенти після засвоєння освітньої компоненти мають продемонструвати такі результати навчання:*

- *ПРН 10. Володіти навичками визначення навантажень на конструктивні елементи авіаційної та ракетно-космічної техніки на усіх етапах її життєвого циклу.*
- *ПРН 14. Описувати експериментальні методи дослідження структурних, фізико-механічних і технологічних властивостей матеріалів та конструкцій.*
- *ПРН 25. Описувати моделі та напружено-деформований стан механічної конструкції літальних апаратів та її елементів за допомогою сучасних інтегральних технологій комп'ютерного проектування.*

*Знання:*

- *основи теорії напружено-деформованого стану матеріалів;*
- *ідеалізацію структури та фізико-механічних властивостей матеріалів як основи феноменологічних підходів до розробки розрахункових схем, проведення розрахунків типових елементів конструкцій на міцність;*
- *експериментальні методи визначення характеристик механічних властивостей матеріалів;*
- *внесок вітчизняних та зарубіжних вчених у розвиток механіки матеріалів;*

## **2. Пререквізити та постреквізити освітньої компоненти (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

| <i>Пререквізити</i>         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Фізика</i>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>ЗК 05. Здатність працювати у команді.</i></li> <li>- <i>ПРН 05. Володіти навичками самостійного навчання та автономної роботи для підвищення професійної кваліфікації та вирішення проблем в новому або незнайомому середовищі.</i></li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <i>Теоретична механіка.</i> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>ЗК 07. Здатність приймати обґрунтовані рішення.</i></li> <li>- <i>ПРН 05. Володіти навичками самостійного навчання та автономної роботи для підвищення професійної кваліфікації та вирішення проблем в новому або незнайомому середовищі.</i></li> <li>- <i>ПРН 12. Описувати будову металів та неметалів та знати методи модифікації їх властивостей. Призначати оптимальні матеріали для елементів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки з урахуванням їх структури, фізичних, механічних, хімічних та експлуатаційних властивостей, а також економічних факторів.</i></li> <li>- <i>ПРН 14. Описувати експериментальні методи дослідження структурних, фізико-механічних і технологічних властивостей матеріалів та конструкцій.</i></li> </ul> |
| <i>Постреквізити:</i>       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

|                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Конструкція<br/>безпілотних та<br/>автономних систем.</p> <p>Курсовий проєкт</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- ЗК 06. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).</li> <li>- ЗК 07. Здатність приймати обґрунтовані рішення</li> <li>- ФК 03. Здатність призначати оптимальні матеріали для елементів конструкції авіаційної та ракетно-космічної техніки.</li> <li>- ФК 04. Здатність здійснювати розрахунки елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки на міцність.</li> <li>- ФК 06. Здатність розробляти і реалізовувати технологічні процеси виробництва елементів та об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки.</li> <li>- ФК 09. Здатність розробляти загальну конструкцію безпілотних та автономних систем.</li> <li>- ПРН 08. Дотримуватися вимог галузевих нормативних документів щодо процедур проектування, виробництва, випробування та (або) сертифікації елементів та об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки на всіх етапах їх життєвого циклу.</li> <li>- ПРН 13. Розуміти особливості робочих процесів у системах та елементах авіаційної та ракетно-космічної техніки, у галузі гідравлічних, пневматичних, електричних та електронних системах, що застосовуються в авіаційній та ракетно-космічній техніці.</li> <li>- ПРН 16. Обчислювати напружено-деформований стан, визначати несійну здатність конструктивних елементів та надійність систем авіаційної та ракетно-космічної техніки.</li> <li>- ПРН 17. Розуміти та обґрунтовувати послідовність проектування, виробництва, випробування та (або) сертифікації елементів та систем авіаційної та ракетно космічної техніки.</li> <li>- ПРН 19. Розуміти та обґрунтовувати особливості конструкції та основні аспекти робочих процесів в системах та елементах авіаційної та ракетно-космічної техніки.</li> <li>- ПРН 20. Розуміти теоретичні принципи та практичні методи інструментального забезпечення взаємозамінності деталей авіаційної та ракетно-космічної техніки.</li> <li>- ПРН 21. Мати навички розробки технологічних процесів, в тому числі з застосуванням автоматизованого комп'ютерного проектування виробництва конструктивних елементів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки.</li> <li>- ПРН 25. Описувати моделі та напружено-деформований стан механічної конструкції літальних апаратів та її елементів за допомогою сучасних інтегральних технологій комп'ютерного проектування.</li> <li>- ПРН 28. Проводити діагностику та неруйнівний контроль безпілотних та автономних систем.</li> </ul> |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### 3. Зміст освітньої компоненти

РОЗДІЛ 1. Завдання курсу "МЕХАНІКА МАТЕРІАЛІВ КОНСТРУКЦІЙ" та його місце серед загально інженерних дисциплін.

Тема 1.1. Поняття зовнішніх і внутрішніх сил. Класифікація сил. Метод перерізів.

Тема 1.2. Поняття напружень і деформацій. Головні гіпотези опору матеріалів. Навантаження і розрахункова схема.

РОЗДІЛ 2. РОЗТЯГ І СТИСК.

Тема 2.1. Побудова епюр внутрішніх силових факторів при розтягу та стиску. Допустимі напруження. Коефіцієнт запасу міцності. Умови міцності та жорсткості при розтягу.

Тема 2.2. Випробування матеріалів на розтягання. Діаграма розтягу та основні характеристики механічних властивостей матеріалів.

Тема 2.3. Розрахунки на міцність і жорсткість статично невизначених систем при розтягу. Врахування температурних і монтажних напружень.

### РОЗДІЛ 3. ЗСУВ. ЧИСТИЙ ЗСУВ.

Тема 3.1. Закон Гука при чистому зсуві. Розрахунки на міцність шпонкового та клепаного з'єднання при зсуві та зминанні.

Тема 3.2. Розрахунок зварних та клеєних з'єднань.

### РОЗДІЛ 4. КРУЧЕННЯ.

Тема 4.1. Кручення. Побудова епюр внутрішніх силових факторів при крученні. Розрахунки на міцність і жорсткість при крученні стержнів. Кручення стержня не круглої форми поперечного перерізу.

Тема 4.2. Розрахунок на міцність циліндричних пружин.

### РОЗДІЛ 5. ГЕОМЕТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛОСКИХ ПЕРЕРІЗІВ.

Тема 5.1. Геометричні характеристики плоских перерізів. Статичні моменти площі. Осьові і полярний моменти інерції. Відцентрований момент інерції. Головні осі. Головні центральні моменти інерції. Формули переходу до паралельних осей. Моменти опору. Радіуси інерції.

### РОЗДІЛ 6. ЗГИН.

Тема 6.1. Метод перерізів при згині. Диференційні залежності між внутрішніми силовими факторами при згині.

Тема 6.2. Побудова епюр внутрішніх силових факторів зігнутої консольної та шарнірно-опертої балки.

Тема 6.3. Побудова епюр внутрішніх силових факторів плоских рам.

Тема 6.4. Розрахунки на міцність і жорсткість стержнів при плоскому згині. Нормальні та дотичні напруження при згині стержнів. Умови міцності.

### РОЗДІЛ 7. ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕМІЩЕНЬ У МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМАХ.

Тема 7.1. Диференціальне рівняння зігнутої осі балки. Визначення переміщень у балках за методом початкових параметрів.

Тема 7.2. Потенціальна енергія деформації у загальному випадку навантаження. Інтеграл Мора.

Тема 7.3. Спосіб Верещагіна для визначення деформацій балок при згині.

Тема 7.4. Теорема Кастільяно. Теорема Лагранжа. Теорема про мінімум потенціальної енергії.

### РОЗДІЛ 8. ОСНОВИ ТЕОРІЇ НАПРУЖЕНОГО ТА ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ.

Тема 8.1. Основи теорії напруженого та деформованого стану. Напруження в точці. Закон парності дотичних напружень. Головні площадки і головні напруження. Лінійний, плоский та об'ємний напружений стан. Узагальнений закон Гука. Потенціальна енергія деформації.

Тема 8.2. Критерії міцності. Завдання теорій міцності. Класичні критерії міцності. Поняття о деяких нових критеріях міцності.

### РОЗДІЛ 9. СКЛАДНИЙ ОПІР.

Тема 9.1. Складний опір. Складне і косе згинання. Згинання з розтяганням (стисканням).

Тема 9.2. Згинання з крученням.

### РОЗДІЛ 10. СТІЙКІСТЬ СТИСНУТИХ СТЕРЖНІВ.

Тема 10.1. Розрахунок на стійкість за допомогою формули Ейлера.

Тема 10.2. Розрахунки на стійкість за допомогою коефіцієнта поздовжнього згину. Формула Ясінського.

### РОЗДІЛ 11. МІСЦЕВІ НАПРУЖЕННЯ.

Тема 11.1. Поняття концентрації напружень.

Тема 11.2. Контактні напруження. Задача Герца.

### РОЗДІЛ 12. ОПІР МАТЕРІАЛІВ ДІЇ ПОВТОРНО-ЗМІННИХ НАПРУЖЕНЬ.

Тема 12.1. Явище утоми матеріалів. Діаграма утоми.

Тема 12.2. Розрахунок на міцність при повторно-змінних навантаженнях.

### РОЗДІЛ 13. ЗАКЛЮЧЕННЯ.

Тема 13.1. Сучасні проблеми механіки матеріалів.

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

Навчальні матеріали, зазначені нижче, доступні у бібліотеці університету та у бібліотеці кафедри динаміки і міцності машин та опору матеріалів. Обов'язковою до вивчення є базова література, інші матеріали – факультативні. Розділи та теми, з якими студент має ознайомитись самостійно, викладач зазначає на лекційних та практичних заняттях.

##### БАЗОВА:

1. Опір матеріалів: Підручник / Г.С. Писаренко, О.Л. Квітка, Е.С. Уманський; За ред. Г.С. Писаренка. – 2-ге вид., допов. і переробл. – К.: Вища шк., 2004. – 655 с.: ил.

##### ДОДАТКОВА:

1. Астанін В.В. Технічна механіка. Частина II. Опір матеріалів: Навч. посіб. – К.: Вид-во Національного авіаційного університету "НАУ-друк", 2009. – 192с.
2. Збірник задач з опору матеріалів: Навч. посіб. / М.І. Бобир, А.Є. Бабенко, О.О. Боронко та ін.; За ред. М.І. Бобира. – К.: Вища школа., 2008. – 309 с.: іл.

#### Навчальний контент

#### 5. Методика опанування освітньої компоненти

##### Лекційні заняття

Проведення лекцій з освітньої компоненти проводиться паралельно з розглядом питань, що виносяться на самостійну роботу. При проведенні лекцій застосовуються засоби для відеоконференцій (Google Meet, Zoom тощо) та ілюстративний матеріал у вигляді презентацій. Після кожної лекції рекомендується ознайомитись з матеріалами, рекомендованими для самостійного вивчення, а перед наступною лекцією – повторити матеріал попередньої.

| № з/п | Назва теми лекції та перелік основних питань                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | <u>Опір матеріалів.</u><br>Завдання курсу та його місце серед загально інженерних дисциплін. Поняття зовнішніх і внутрішніх сил. Класифікація сил. Метод перерізів. Поняття напружень і деформацій. Головні гіпотези опору матеріалів. Навантаження і розрахункова схема.              |
| 2     | <u>РОЗТЯГ І СТИСК.</u><br>Побудова епюр внутрішніх силових факторів. Діаграма розтягу та основні характеристики механічних властивостей матеріалів. Допустимі напруження. Коефіцієнт запасу міцності. Умови міцності та жорсткості при розтязі. Випробування матеріалів на розтягання. |
| 3     | <u>Розтяг і стиск.</u><br>Випробування матеріалів на розтягання. Діаграма розтягу та основні характеристики механічних властивостей матеріалів.                                                                                                                                        |
| 4     | <u>Розтяг і стиск.</u><br>Розрахунки на міцність і жорсткість статично невизначених систем при розтягу. Врахування температурних і монтажних напружень.                                                                                                                                |
| 5     | <u>ЗСУВ. ЧИСТИЙ ЗСУВ.</u><br>Закон Гука при чистому зсуві. Розрахунки на міцність шпонкового та клепаного з'єднання при зсуві та зминанні. Розрахунок зварних та клеєних з'єднань.                                                                                                     |
| 6     | <u>КРУЧЕННЯ.</u><br>Побудова епюр внутрішніх силових факторів при крученні. Розрахунки на міцність і жорсткість при крученні стержнів. Кручення стержня не круглої форми поперечного перерізу.                                                                                         |
| 7     | <u>Геометричні характеристики плоских перерізів.</u><br>Статичні моменти площі. Осьові і полярний моменти інерції. Відцентрований момент інерції. Головні осі. Головні центральні моменти інерції. Формули переходу до паралельних осей. Моменти опору.                                |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8  | <u>ЗГИН. Метод перерізів при згині.</u><br>Диференційні залежності між внутрішніми силовими факторами при згині.<br>Побудова епюр внутрішніх силових факторів зігнутої консольної та шарнірно-опертої балки.                                                                |
| 9  | <u>Розрахунки на міцність і жорсткість стержнів при плоскому згині.</u><br>Побудова епюр внутрішніх силових факторів: згинального моменту та поперечної сили у поперечному перерізі. Нормальні та дотичні напруження при згині стержнів.<br>Умови міцності.                 |
| 10 | <u>Диференціальне рівняння зігнутої осі балки.</u><br>Визначення переміщень у балках за методом початкових параметрів.<br>Загальні методи визначення переміщень у механічних системах.<br>Потенціальна енергія деформації у загальному випадку навантаження. Інтеграл Мора. |
| 11 | <u>Визначення переміщень у балках.</u><br>Теорема Кастільяно. Теорема Лагранжа. Теорема про мінімум потенціальної енергії.<br>Спосіб Верещагіна для визначення деформацій балок при згині.                                                                                  |
| 12 | <u>ПЛОСКІ РАМИ.</u><br>Побудова епюр внутрішніх силових факторів плоских рам.<br>Розрахунки на міцність і жорсткість плоских рам.                                                                                                                                           |
| 13 | <u>ОСНОВИ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ТВЕРДОГО ТІЛА.</u><br>Напружений стан у точці твердого тіла. Види напружених станів.<br>Поняття тензорів напружень і деформацій. Узагальнений закон Гука.<br>Потенціальна енергія деформації. Класичні критерії міцності.           |
| 14 | <u>СКЛАДНИЙ ОПІР.</u><br>Згин із розтягом. Згин із крученням.                                                                                                                                                                                                               |
| 15 | <u>СТІЙКІСТЬ СТИСНУТИХ СТЕРЖНІВ.</u><br>Розрахунок на стійкість за допомогою формули Ейлера.<br>Розрахунки на стійкість за допомогою коефіцієнта поздовжнього згину.<br>Формула Ясінського.                                                                                 |
| 16 | <u>МІСЦЕВІ НАПРУЖЕННЯ.</u><br>Поняття концентрації напружень. Контактні напруження. Задача Герца.                                                                                                                                                                           |
| 17 | <u>ОПІР МАТЕРІАЛІВ ДІЇ ПОВТОРНО-ЗМІННИХ НАПРУЖЕНЬ.</u><br>Явище втоми матеріалів. Діаграма втоми. Розрахунок на міцність при повторно-змінних навантаженнях.                                                                                                                |
| 18 | <u>СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ МЕХАНІКИ МАТЕРІАЛІВ.</u>                                                                                                                                                                                                                                |

### Лабораторні роботи

Основні завдання циклу лабораторних занять – це використання одержаних на лекціях знань, ознайомлення з технічною реалізацією відомих з лекційного курсу процесів та закріплення теоретичного матеріалу.

| № з/п | Назва лабораторної роботи                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | <b>Лабораторне заняття 1. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ. ВИЗНАЧЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАЛОВУГЛЕЦЕВОЇ СТАЛІ ПРИ РОЗТЯГУ.</b><br>Експериментально дослідити процес розтягу зразка з автоматичним записом діаграми деформування. З діаграми деформування необхідно отримати такі механічні характеристики матеріалу: границю пропорційності $\sigma_{пц}$ , границю текучості $\sigma_{т}$ , границю міцності $\sigma_{в}$ , напруження при розриві $\sigma_{к}$ , відносне видовження зразка після розриву $\delta$ , відносне звуження зразка після розриву $\psi$ . |
| 2     | <b>Лабораторне заняття 2. ВИЗНАЧЕННЯ МОДУЛЯ ПРУЖНОСТІ ПРИ РОЗТЯГУ.</b><br>Експериментально визначити модуль пружності $E$ .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | Для сталевих зразків, закріпленого обома кінцями в розривній машині, дослідним шляхом визначити модуль пружності при розтягу.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 3 | <p><b>Лабораторне заняття 3. ВИПРОБУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ НА СТИСК.</b></p> <p>Вивчити поведінку матеріалів різних класів (крихкого і анізотропного) під час стиску; визначити механічні характеристики зразків з сірого чавуну і технічної деревини. Випробування на стиск проводять згідно з вимогами ГОСТу 2055-43.</p> <p>Відповідно до цих вимог зразки з металевих матеріалів повинні відповідати таким розмірам: діаметр – від 10 до 25 мм, висота – від 1 до 3 діаметрів.</p> <p>Зразки з неметалевих матеріалів виготовляються у формі кубиків.</p> <p>Поверхня зразків повинна бути гладкою, торці зразків – плоскопаралельними і перпендикулярними до вісі зразка.</p> <p>Швидкість переміщення захвату випробувальної машини – не більше 2 мм/хвилину.</p>                                                                                                                                                                                                          |
| 4 | <p><b>Лабораторне заняття 4. КРУЧЕННЯ. ПОБУДОВА ЕПЮРИ КРУТНОГО МОМЕНТУ. ВИЗНАЧЕННЯ МОДУЛЯ ПРУЖНОСТІ ПРИ ЗСУВІ.</b></p> <p>Експериментально визначити модуль зсуву <math>G</math> (модуль пружності другого роду). Для сталевих тонкостінних трубчастих зразків, матеріал якого в результаті навантаження крутним моментом знаходиться в умовах чистого зсуву, визначаємо модуль пружності другого роду <math>G</math> і порівнюємо експериментально одержане значення з теоретичним.</p> <p>Розрахунки на міцність та жорсткість при крученні валів з різною формою поперечного перерізу.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 5 | <p><b>Лабораторне заняття 5. ВИЗНАЧЕННЯ ДЕФОРМАЦІЇ ГВИНТОВОЇ ПРУЖИНИ.</b></p> <p>Дослідним шляхом перевірити формулу для визначення деформації гвинтової циліндричної пружини.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 6 | <p><b>Лабораторне заняття 6. ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛУ НОРМАЛЬНИХ НАПРУЖЕНЬ В ПОПЕРЕЧНОМУ ПЕРЕРІЗІ БАЛКИ ПРИ ЧИСТОМУ ПЛОСКОМУ ЗГИНАННІ.</b></p> <p>Метою роботи є експериментальне підтвердження теоретичних положень щодо розподілу нормальних напружень в поперечному перерізі балки при чистому плоскому згинанні. На ділянці балки, на якій виконуються умови чистого плоского згинання, у п'яти точках поперечного перерізу, розташованих на різних відстанях від нейтральної лінії, експериментально і теоретично визначаються нормальні напруження. Порівняння результатів експерименту з результатами розрахунку підтверджує теоретичні положення щодо розподілу нормальних напружень в поперечному перерізі балки при чистому плоскому згинанні.</p> <p>Побудова епюр згинального моменту та поперечної сили.</p> <p>Визначення переміщень в балці при згині.</p> <p>Геометричні характеристики поперечних перерізів.</p> <p>Розрахунки на міцність при згинанні.</p> |
| 7 | <p><b>Лабораторне заняття 7. ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕМІЩЕНЬ В БАЛЦІ ПРИ ЗГІНІ.</b></p> <p>Мета роботи — дослідним шляхом перевірити теоретичні формули для визначення переміщення в балках.</p> <p>Для балки на двох опорах експериментально і теоретично визначаємо прогин посередині прольоту і кут повороту перерізу на лівій опорі.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 8 | <p><b>Лабораторне заняття 8. ТЕОРЕМА ПРО ВЗАЄМНІСТЬ ПЕРЕМІЩЕНЬ.</b></p> <p>Мета роботи – дослідним шляхом перевірити теорему про взаємність переміщень. Експериментально досліджуються два стани двоопорної балки, в кожному з яких на неї діє по одній силі <math>P_1</math> або <math>P_2</math>.</p> <p>Вимірюємо переміщення точки прикладання першої сили в її напрямку, викликане дією другої сили, і переміщення точки прикладання другої сили в її напрямку, викликане дією першої сили. Одержані переміщення порівнюємо між собою.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 9 | <p><b>Лабораторне заняття 9. СТІЙКІСТЬ СТИСНУТОГО СТЕРЖНЯ.</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

|  |                                                                                                                                                                                                                 |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Мета роботи – дослідним шляхом перевірити формули для визначення критичної сили. Досліджуємо явище втрати стійкості стиснутого стержня та визначаємо критичну силу для різних випадків закріплення його кінців. |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### Практичні заняття

Основні завдання практичних занять – це використання одержаних на лекціях знань для вирішення практичних та теоретичних задач та закріплення теоретичного матеріалу.

| № з/п | Тема практичного заняття                                                                       |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Розрахунки на міцність та жорсткість при розтягу та стиску. Епюри.                             |
| 2     | Розрахунки на міцність і жорсткість статично невизначеного стержня при розтягу.                |
| 3     | Чистий зсув. Розрахунки шпонкового, болтового та клепаного з'єднання на зрізування і зминання. |
| 4     | Розрахунки на міцність і жорсткість при крученні стержнів різної форми поперечного перерізу    |
| 5     | Розрахунки на міцність і жорсткість циліндричних пружин                                        |
| 5     | Геометричні характеристики плоских перерізів.                                                  |
| 6     | Побудова епюр внутрішніх силових факторів зігнутої консольної та шарнірно-опертої балки.       |
| 7     | Розрахунки на міцність та жорсткість при згинанні.                                             |
| 8     | Загальні методи визначення переміщень в пружних системах.                                      |
| 9     | Основи теорії напруженого та деформованого стану.                                              |

### 6. Самостійна робота здобувача вищої освіти

Самостійна робота здобувача вищої освіти протягом семестру включає повторення лекційного матеріалу, проведення розрахунків та оформлення звітів з лабораторних робіт, підготовку до модульної контрольної роботи, підготовку до заліку. Рекомендована кількість годин, яка відводиться на підготовку до зазначених видів робіт:

| Вид СРС                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Кількість годин на підготовку                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <p>Підготовка до аудиторних занять: повторення лекційного матеріалу; проведення розрахунків та оформлення звітів з лабораторних робіт; підготовка до лабораторних робіт та виконання розрахунків.</p> <p>Для закріплення знань, вмінь, навичок студенти виконують домашню розрахункову роботу, яка складається з 12 задач:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Розрахунок на міцність та жорсткість стержнів при розтягу – стиску;</li> <li>2. Розрахунок на міцність статично-невизначеного стержня при розтягу – стиску;</li> <li>3. Розрахунок зварних з'єднань;</li> <li>4. Розрахунок на міцність та жорсткість валів при крученні;</li> <li>5. Розрахунок на міцність та жорсткість гвинтової пружини з малим кроком;</li> <li>6. Згин консольної балки;</li> <li>7. Згин шарнірно опертої балки;</li> <li>8. Визначення геометричних характеристик поперечних перерізів;</li> <li>9. Розрахунок на міцність та жорсткість шарнірно опертих балок.</li> </ol> | <p>2 години на тиждень х 18 тижнів = 36 год.</p> |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 10. Побудова епюр для плоскої консольної рами.<br>11. Напружено-деформований стан;<br>12. Проектувальний розрахунок на стійкість стиснутих стержнів.<br><br>Для цього кожен студент отримує індивідуальний варіант у вигляді двозначного числа, перша цифра якого відповідає порядковому номеру числових даних задачі занесених до таблиці, друга – варіант її розрахункової схеми вказаних у завданні. |          |
| Підготовка до модульної контрольної роботи                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 2 години |
| Підготовка до написання експрес-контрольних робіт                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 4 години |
| Підготовка до заліку                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 6 годин  |

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної освітньої компоненти

Лекційні, практичні та лабораторні заняття проводяться в навчальних аудиторіях. Відвідування лекційних, практичних та лабораторних занять є обов'язковим.

#### Правила захисту лабораторних робіт:

1. До захисту допускаються студенти, які виконали лабораторну роботу, правильно виконали розрахунки та вірно оформили протокол з лабораторної роботи (при неправильно виконаних розрахунках чи неякісному оформленні недоліки слід усунути).
2. Захист відбувається або на лабораторних заняттях під час технологічно обумовлених перерв, або на консультаціях з освітньої компоненти, які проводяться щотижнево.
3. Після захисту лабораторної роботи, який полягає у виконанні індивідуального розрахункового завдання або теоретичному опитуванні по темі лабораторної роботи викладачем виставляється загальна оцінка. Лабораторна робота вважається захищеною якщо студент набрав під час її захисту понад 50% максимально можливих залікових балів за відповідну роботу.

Політика дедлайнів та перескладань: визначається п. 8 Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Політика щодо академічної доброчесності: визначається політикою академічної чесності та іншими положеннями Кодексу честі університету.

### 8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: виконання та захист лабораторних робіт, виконання домашньої розрахункової роботи, відповіді на практичних та лекційних заняттях та виконання на практичних заняттях експрес-контрольних робіт тривалістю до 10 хвилин кожна:

1. Побудова епюр повздовжньої сили, нормального напруження та графіку переміщення точок ступінчатого стержня в умовах розтягу-стиску.
2. Побудова епюр повздовжньої сили, нормального напруження та графіку переміщення точок статично-невизначеного ступінчатого стержня в умовах розтягу-стиску.
3. Побудова епюри крутного моменту та графіку кута повороту поперечних перерізів вала при крученні.
4. Розрахунок на міцність та жорсткість гвинтової пружини з малим кроком;
5. Побудова епюр поперечної сили та згинального моменту для консольної балки.
6. Побудова епюр поперечної сили та згинального моменту для шарнірно опертої балки.
7. Визначення моменту опору поперечного перерізу балки.
8. Аналіз напружено-деформованого стану.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог робочої програми. Умовою отримання позитивної оцінки з календарного контролю є рейтинг студента 50 % від максимально можливого на час календарного контролю.

Семестровий контроль: залік.

### **Рейтингова система оцінювання результатів навчання**

Сума балів, яку студент може набрати протягом семестру, складає 100 балів,

#### **Умова допуску до заліку.**

Для допуску до заліку студент повинен правильно виконати домашню розрахункову роботу, відпрацювати лабораторні роботи, написати експрес-контрольні роботи та модульну контрольну роботу.

Рейтинг протягом семестру складається з балів, що студент отримує за:

- виконання та захист лабораторних робіт;
- виконання експрес-контрольних робіт;
- виконання модульної контрольної роботи;

$$R = r_{кр} + r_{лр} + r_{мкр} = 48 + 28 + 24 = 100 \text{ балів.}$$

Якщо за семестр студент набирає понад 60 балів, то він отримує оцінку "автоматом".

Якщо сума балів за семестр менша за 60, студент виконує залікову контрольну роботу. У цьому разі сума балів за виконання залікової контрольної роботи додається до його поточного рейтингу.

#### **Критерії нарахування балів:**

##### **1. Лабораторні роботи ( $r_{лр}$ ) – 28 балів**

Бали за лабораторну роботу розраховуються як сума балів за виконання письмової контрольної роботи, що містить 5 або 6 теоретичних запитань з теми лабораторної роботи.

Вірна відповідь на одне теоретичне питання оцінюється як 1 бал.

Невірна відповідь на одне теоретичне питання оцінюється як 0 балів.

Максимальна кількість балів за 1 лабораторну роботу – 5(6) балів

Всього виконується 5 контрольних робіт.

$$(r_{лр}) = 3 \times 6 \text{ балів} + 2 \times 5 \text{ балів} = 28 \text{ балів.}$$

##### **2. Експрес-контролі з відповідних тем ( $r_{кр}$ ) – 48 балів.**

Ваговий бал за контрольну роботу – 6 балів. Бали за роботу розраховуються як сума балів за виконання окремих етапів роботи.

#### **Написання експрес-контролю за відведений час**

- виконання завдань експрес-контролю в повному обсязі без зауважень з боку викладача (не менше 90 % потрібної інформації) – 6 балів;
- виконання завдань експрес-контролю в обсязі не менше 75 % – 4-5 бали;
- виконання завдань експрес-контролю в обсязі не менше 50 % – 2-3 бали;
- виконання завдань експрес-контролю в обсязі менше 50 % – 0-1 балів, вимагає повторного захисту теми експрес-контролю.

$$(r_{кр}) = 8 \times 6 \text{ балів} = 48 \text{ балів.}$$

##### **3. Модульна контрольна робота (МКР) – 24 бали**

Тема модульної контрольної роботи: "Розрахунок на міцність шарнірно-опертої балки".

- виконання завдань МКР в повному обсязі без зауважень з боку викладача (не менше 90 % потрібної інформації) – 21-24 бали;
- виконання завдань експрес-контролю в обсязі не менше 75 % – 18-20 балів;
- виконання завдань експрес-контролю в обсязі не менше 50 % – 11-17 балів;
- виконання завдань експрес-контролю в обсязі менше 50 % – 0-10 балів.

**Додаткові (заохочувальні) бали** (до 10 балів за семестр) студенти можуть отримати за:

- $r_{лк}$  - вірні відповіді на лекціях. Визначається із розрахунку, що студент дає правильні відповіді на запитання викладача за темою лекції на 5 лекціях за семестр, по 1 балу за кожну (до 5 балів за семестр);
- $r_{пр}$  - вірні відповіді на практичних заняттях. Визначається із розрахунку, що студент дає правильні відповіді на запитання викладача за темою лекції на 5 лекціях за семестр, по 1 балу за кожну (до 5 балів за семестр).

На заліку студенти мають відповісти письмово на 3 теоретичних питання та розв'язати задачу залікової контрольної роботи. Кожне теоретичне питання контрольної оцінюється у **3 бали**, а задача у **12 балів**. Таким чином, кількість балів, яку студент може отримати за вірно вирішену залікову контрольну роботу становить **21 бал**.

Кожне теоретичне запитання (завдання) оцінюється за такими критеріями:

- відповідь на запитання з незначними помилками або зауваженнями – 3 бали (не менше 90% потрібної інформації);
- відповідь на запитання з незначними помилками або зауваженнями – 2 бал (не менше 75% потрібної інформації);
- відповідь на запитання з незначними помилками або зауваженнями – 1 бал (не менше 50% потрібної інформації);
- незадовільна відповідь – 0 балів.

Задача оцінюється за такими критеріями:

- відповідь на запитання з незначними помилками або зауваженнями – 11-12 балів (не менше 90% потрібної інформації);
- відповідь на запитання з незначними помилками або зауваженнями – 9-10 балів (не менше 75% потрібної інформації);
- відповідь на запитання з незначними помилками або зауваженнями – 6-8 балів (не менше 50% потрібної інформації);
- відповідь на запитання з незначними помилками або зауваженнями – 0-5 балів (менше 50% потрібної інформації).

Підсумкова оцінка визначається згідно з таблицею:

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

| Кількість балів           | Оцінка       |
|---------------------------|--------------|
| 100-95                    | Відмінно     |
| 94-85                     | Дуже добре   |
| 84-75                     | Добре        |
| 74-65                     | Задовільно   |
| 64-60                     | Достатньо    |
| Менше 60                  | Незадовільно |
| Не виконані умови допуску | Не допущено  |

## 9. Додаткова інформація з освітньої компоненти

- Перелік матеріалів, якими дозволено користуватися під час заліку – під час заліку здобувачу вищої освіти дозволяється використовувати розв'язану домашню розрахункову роботу та

довідникову літературу, наприклад сортамент прокатної сталі та інформацію про механічні характеристики матеріалів.

- Під час захисту лабораторних робіт або написання експрес-контрольних робіт здобувач вищої освіти має право скористатись власними роботами (протоколами лабораторних робіт та задачами домашньої розрахункової роботи).

**Робочу програму освітньої компоненти (силабус):**

Складено професором кафедри динаміки і міцності машин та опору матеріалів, д.т.н., професором Сидоренком Юрієм Михайловичем.

Ухвалено кафедрою динаміки і міцності машин та опору матеріалів (протокол № 10 від 27.03.2025р)

Погоджено Методичною комісією НН ІАТ (протокол №6/25 від 27.06.2025 р.)