Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра динаміки і міцності машин та опору матеріалів

# МЕХАНІКА МАТЕРІАЛІВ І КОНСТРУКЦІЙ. Частина 2. Складне навантаження, стійкість і динаміка.

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

| Реквізити навчальної дисципліни | |
|---|---|
| **Рівень вищої освіти** | ***Перший (бакалаврський)*** |
| **Галузь знань** | ***13 Механічна інженерія*** |
| **Спеціальність** | ***131 Прикладна механіка*** |
| **Освітня програма** | *Автоматизовані та роботизовані механічні системи. Технології машинобудування.* |
| **Статус дисципліни** | *Нормативна* |
| **Форма навчання** | *очна (денна)* |
| **Рік підготовки, семестр** | *2-й курс, весняний семестр* |
| **Обсяг дисципліни** | *195 годин / 6,5 кредитів (лекції – 54 год.; практичні –36 год.; лабораторні – 18 год.; самостійна робота – 87 год.)* |
| **Семестровий контроль/ контрольні заходи** | *Екзамен* |
| **Розклад занять** | *https://kpi.ua/#rozkladModal* |
| **Мова викладання** | *Українська* |
| **Інформація про керівника курсу / викладачів** | Лектор: *к.т.н., доцент, Заховайко Олександр Панасович, (067) 278 69 44; zakhov1911@gmail.com*<br>Практичні / Семінарські: к.т.н., ас. Бондарець Олександр Анатолійович, *(067) 176 54 76; bondarets.o@gmail.com;*<br>к.т.н., ас. Бабак Антон миколайович, *(067) 437 40 50; sopromat_dpm@ukr.net.*<br>Лабораторні: к.т.н., ас. Бондарець Олександр Анатолійович, *(067) 176 54 76; bondarets.o@gmail.com;*<br>к.т.н., ас. Бабак Антон миколайович, *(067) 437 40 50; sopromat_dpm@ukr.net.* |
| **Розміщення курсу** | https://do.ipo.kpi.ua/course/view.php?id=2453;<br>https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&ir_own;<br>http://mmi-dmm.kpi.ua/index.php/ua/vikladachi-kafedri/36-zakhovajko-oleksandr-panasovich.html. |

## Програма навчальної дисципліни

### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчання та результати навчання

Науково-технічний розвиток суспільства потребує від спеціалістів постійного вдосконалення та покращання якості машин, конструкцій та споруд. Важливою умовою вирішення цього завдання є розв'язання питань пов'язаних з міцністю, жорсткістю та стійкістю елементів конструкцій, що є підґрунтям для їх надійної роботи.

«Механіка матеріалів і конструкцій" є навчальною дисципліною, в якій викладаються методи розв'язання зазначених задач. Це найбільш загальна дисципліна про міцність машин і споруд без якої неможлива повноцінна фахова підготовка інженера будь-якої спеціальності.

При вивченні кредитного модуля 2 студенти опановують принципи аналізу напружено-деформованого стану тіла в умовах складного опору, освоюють загальні методи визначення переміщень в пружних система, методи розрахунків статично невизначних систем, вивчають механічні властивості матеріалів та оволодівають методами розрахунків деталей машин при динамічних навантаження.

При вивченні дисципліни «Механіка матеріалів і конструкцій» студенти набувають ряд фахових компетенцій, що забезпечують їм відповідний рівень кваліфікації за обраною спеціальністю. А саме:

**Фахові компетентності**

– здатність робити оцінки параметрів працездатності матеріалів, конструкцій і машин в експлуатаційних умовах та знаходити відповідні рішення для забезпечення заданого рівня надійності конструкцій і процесів, в тому числі і за наявності деякої невизначеності;

– здатність представлення результатів своєї інженерної діяльності з дотриманням загальноприйнятих норм і стандартів:

– здатність використовувати аналітичні та чисельні математичні методи для вирішення задач прикладної механіки, зокрема здійснювати розрахунки на міцність, витривалість, стійкість, довговічність, жорсткість в процесі статичного та динамічного навантаження з метою оцінки надійності деталей і конструкцій машин.

**Програмні результати навчання:**

В результаті вивчення дисципліни студенти повинні:

- вміти виконувати розрахунки на міцність, витривалість, стійкість, довговічність, жорсткість деталей машин;
- вміти оцінювати надійність деталей і конструкцій машин в процесі статичного та динамічного навантаження.

## 2. Пререквізити та постреквізити дисципліни

Курс «Механіка матеріалів і конструкцій. Частина 2. Складне навантаження, стійкість і динаміка. ” відноситься до нормативних дисциплін циклу професійної підготовки. Він ґрунтується у теоретичній частині на таких дисциплінах, як “Вища математика” та “Теоретична механіка”, «Механіка матеріалів і конструкцій. Частина 2. Складне навантаження, стійкість і динаміка” а в експериментальній частині – на дисциплінах “Загальна фізика” і “Матеріалознавство”. Знання, здобуті студентами при вивченні цієї дисципліни, використовуються в подальшому при вивченні таких курсів як “Деталі машин і основи конструювання”, “Деталі машин і основи конструювання. Курсовий проект” та інших дисциплінах, наведених у відповідних освітніх програмах.

## 3. Зміст навчальної дисципліни

**Розділ 1. Загальні теореми про пружні системи. Загальні методи визначення переміщень**

*Тема 1. Потенціальна енергія деформації тіла в загальному випадку його навантаження.*

*Тема 2. Теорема Кастіліано. Інтеграл Мора. Спосіб Верещагіна.*

*Тема 3. Теореми про взаємність робіт і переміщень.*

**Розділ 2. Статично невизначувані системи**

*Тема 4. Метод сил розкриття статичної невизначеності.*

**Розділ 3. Складний опір**

*Тема 4. Складне і косе згинання стержня.*

*Тема 6. Згинання з розтяганням (стисканням). Позацентрове розтягання (стискання) прямого стержня.*

*Тема 7. Згин з крученням.*

*Тема 8. Загальний випадок дії сил на стержень.*

**Розділ 4. Стійкість стиснених стержнів**

*Тема 9. Стійка та нестійка пружна рівновага. Задача Ейлера з визначення критичної сили для стисненого стержня.*

*Тема 10. Формула Ясинського. Умова стійкості. Практичні розрахунки на стійкість стиснених стержнів.*

**Розділ 5. Елементи теорії тонкостінних оболонок**

*Тема 11. Напруження в осесиметричній оболонці.*

*Тема 12. Розпірні кільця в оболонках.*

**Розділ 6. Товстостінні труби і обертові диски**

*Тема 13. Напруження, переміщення і деформації в товстостінних циліндрах*

*Тема 14. Розрахунки обертових дисків*

**Розділ 7. Пластичні деформації. Основи розрахунків елементів конструкцій, що працюють за границями пружності**

*Тема 15. Фізичні основи пластичного деформування.*

*Тема 16. Розрахунки стержнів і стержневих систем за наявності пластичних деформацій.*

**Розділ 8. Місцеві напруження**

*Тема 17. Концентрація напружень.*

*Тема 18. Контактні напруження.*

**Розділ 9. Руйнування матеріалів**

*Тема 19. Види руйнувань матеріалів елементів конструкцій.*

*Тема 20. Основи механіки руйнування.*

**Розділ 10. Оцінка міцнісної надійності конструкцій при динамічних навантаженнях**

*Тема 21. Розрахунки рухомих об'єктів з урахуванням сил інерції.*

*Тема 22. Розрахунки при ударних навантаженнях.*

*Тема 23. Пружні коливання.*

*Тема 24. Опір матеріалів дії повторно-змінних навантажень.*

## 4. Навчальні матеріали та ресурси

**Базова література**


1. Писаренко Г.С. Опір матеріалів: підруч. / Г.С. Писаренко, О.Л. Квітка, Е.С. Уманський; За ред. Г.С. Писаренка. – 2-ге вид., допов. і перероб. – К.: Вища шк., 2004. – 655 с.*)
2. Механіка матеріалів і конструкцій: Навчальний посібник для студентів, які навчаються на технічних спеціальностях усіх форм навчання / А.Є. Бабенко, О.О. Боронко, С.М. Шукаєв,та ін..– К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017.– 191 с. Доступ: http://ela.kpi.ua/handle/123456789/19241
3. Збірник задач з опору матеріалів: Навч. посіб. / М.І. Бобир, А.Є. Бабенко, О.О. Боронко та ін.; За ред. М.І. Бобиря. – К.: Вища шк., 2008. – 399 с.: іл. *)

4. Заховайко О. П. Механіка матеріалів і конструкцій частина ІІ [Електронний ресурс]: Навч. посіб. / О. П. Заховайко та ін. – Київ : НТУУ «КПІ», 2017. – 192 с. http://ela.kpi.ua/handle/123456789/19241

**Додаткова література**

5. Можаровський М.С. Теорія пружності, пластичності і повзучості: Підручник / М.С. Можаровський. – К.: Вища шк., 2002. – 308 с. *)
6. Збірник задач з опору матеріалів [Електронний ресурс]: Навч. посіб. / М.І. Бобир, А.Є. Бабенко, О.О. Боронко та ін. – Київ : НТУУ «КПІ», 2012. – 570 с. http://ela.kpi.ua/handle/123456789/1885.
7. Заховайко О.П. Збірник конкурсних задач з опору матеріалів [Електронний ресурс]: Навч. посіб. / О.П. Заховайко, В.А. Колодежний, С.І. Трубачев. – Київ : НТУУ «КПІ», 2011. – 320 с. http://ela.kpi.ua/handle/123456789/1007.
8. Методичні вказівки до виконання курсової і розрахунково-графічної робіт з дисципліни «Опір матеріалів» (завдання і приклади розрахунків) для студентів технічних напрямів підготовки усіх форм навчання/ Уклад.: А.Є. Бабенко, О.О. Боронко, Б.І. Ковальчук, С.М. Шукаєв, Г.Є. Візерська, О.П. Заховайко, С.І. Трубачев, В.А. Колодежний, А.М. Бабак. – К.: ІВК "Видавництво «Політехніка»", 2010. – 108 с. http://mmi-dmm.kpi.ua/index.php/ua/materiali-3/metodichni-vkazivki.html
9. Приклади розв'язання типових задач з опору матеріалів: Метод. вказівки до викон. курс. роботи з дисц. "Опір матеріалів" для студ. техн. спец. Усіх форм навчання / Уклад.: Б.І. Ковальчук, С.М. Шукаєв, О.П. Заховайко, Д.Ю. Шпак. – К.: ІВЦ "Видавництво "Політехніка", 2003. – Ч. І.- 68 с. http://mmi-dmm.kpi.ua/index.php/ua/materiali-3/metodichni-vkazivki.html.

*) Вказана література знаходиться в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського

## Навчальний контент

### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Курс складається з лекцій, практичних та лабораторних занять і самостійного вивчення студентами окремих питань. На лекційних заняттях основна увага приділяється вивченню теоретичних основ дисципліни. Перед кожною лекцією надається інформація (за темами) на поточне навчальне заняття та рекомендації щодо їх вивчення. Лабораторні роботи та практичні заняття направлені на поглиблення теоретичних знань.

Для успішного засвоєння курсу слід передбачити тісний взаємозв'язок всіх видів занять - лекційних, практичних та індивідуальних. Теоретичний матеріал, викладений на лекційних заняттях є основою для вирішення інженерних завдань, що виконуються на практичних і лабораторних заняттях та під час виконання індивідуальних самостійних завдань. Це дозволяє поглибити знання з кожної теми.

**Лекційні заняття**

| № | Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу |
|---|---|
| **Лекція 1** | **Тема 1. Потенціальна енергія деформації тіла в загальному випадку його навантаження.**<br>Узагальнена сила і узагальнене переміщення. Застосування принципу суперпозиції при визначенні потенціальної енергії деформації стержня в загальному випадку навантаження. |

| | |
|---|---|
| | **Тема 2. Теорема Кастіліано. Інтеграл Мора. Спосіб Верещагіна.**<br>Теорема Кастіліано. Приклади застосування теореми Кастіліано для визначення переміщень в стержнях. Інтеграл Мора. |
| **Лекція 2** | **Тема 2. Теорема Кастіліано. Інтеграл Мора. Спосіб Верещагіна (продовження).**<br>Принцип Мора. Приклади визначення переміщень з використанням інтеграла Мора. Спосіб Верещагіна.<br>**Тема 3. Теореми про взаємність робіт і переміщень.**<br>Теорема про взаємність робіт (теорема Бетті). Теорема про взаємність переміщень (теорема Максвела) |
| **Лекція 3** | **Тема 4. Метод сил розкриття статичної невизначеності.**<br>Основні поняття та визначення. Етапи розрахунку статично невизначуваної системи. Розрахунок простих статично невизначуваних систем. |
| **Лекція 4** | **Тема 4. Метод сил розкриття статичної невизначеності (продовження).**<br>Канонічні рівняння методу сил. Приклади розкриття статичної невизначності балок і плоских рам з використанням канонічних рівнянь методу сил. |
| **Лекція 5** | **Тема 4. Метод сил розкриття статичної невизначеності (продовження).**<br>Визначення переміщень в статично невизначуваних системах. Перевірка правильності розв'язання статично невизначуваної системи.<br>**Тема 5. Складне і косе згинання стержня.**<br>Умови виникнення складного і косого згинання. Розрахунки стержня довільного перерізу в умовах складного згинання. |
| **Лекція 6** | **Тема 5. Складне і косе згинання стержня (продовження).**<br>Особливості розрахунків стержнів круглого і прямокутного перерізу в умовах складного згинання.<br>**Тема 6. Згинання з розтяганням (стисканням). Позацентрове розтягання (стискання) прямого стержня.**<br>Складне згинання з розтяганням (стисканням) стержня. Позацентрове розтягання (стисканням) прямого стержня. |
| **Лекція 7** | **Тема 7. Згин з крученням.**<br>Згин з крученням круглого стержня. Згин з крученням стержнів прямокутного перерізу.<br>**Тема 8. Загальний випадок дії сил на стержень.**<br>Побудова епюр внутрішніх сил для просторового стержня. |
| **Лекція 8** | **Тема 8. Загальний випадок дії сил на стержень (продовження).**<br>Приклади розрахунків стержнів у загальному випадку дії сил.<br>**Тема 9. Стійка та нестійка пружна рівновага. Задача Ейлера з визначення критичної сили для стисненого стержня.**<br>Поняття стійкості пружних систем. Формула Ейлера з визначення критичної сили для стисненого стержня. Вплив умов закріплення кінців стержня на величину критичної сили. |
| **Лекція 9** | **Тема 9. Стійка та нестійка пружна рівновага. Задача Ейлера з визначення критичної сили для стисненого стержня (продовження).**<br>Критичні напруження. Границі застосування формули Ейлера. |

| | |
|---|---|
| | **Тема 10. Формула Ясинського. Умова стійкості. Практичні розрахунки на стійкість стиснених стержнів.**<br>Поняття про втрату стійкості при напруженнях, що перевищують границю пропорційності. Формула Ясинського. Практичні розрахунки на стійкість за допомогою коефіцієнта зменшення основного допустимого напруження. |
| **Лекція 10** | **Тема 11. Напруження в осесиметричній оболонці.**<br>Основні особливості оболонок. Визначення напружень в осесиметричних оболонках за безмоментною теорією. |
| **Лекція 11** | **Тема 12. Розпірні кільця в оболонках.**<br>Визначення розмірів розпірних кілець.<br>**Тема 13. Напруження, переміщення і деформації в товстостінних циліндрах.**<br>Товстостінний циліндр під дією внутрішнього і зовнішнього тиску. |
| **Лекція 12** | **Тема 13. Напруження, переміщення і деформації в товстостінних циліндрах (продовження).**<br>Товстостінний циліндр під дією внутрішнього і зовнішнього тиску (продовження). |
| **Лекція 13** | **Тема 13. Напруження, переміщення і деформації в товстостінних циліндрах (продовження).**<br>Розрахунок складених циліндрів. Температурні напруження в товстостінних циліндрах. |
| **Лекція 14** | **Тема 14. Розрахунки обертових дисків.**<br>Визначення напружень, переміщень і деформацій в обертових дисках. |
| **Лекція 15** | **Тема 15. Фізичні основи пластичного деформування.**<br>Кристалічна будова металів. Теоретична міцність кристалу. Основи дислокаційної теорії пластичних деформацій. |
| **Лекція 16** | **Тема 16. Розрахунки стержнів і стержневих систем за наявності пластичних деформацій.**<br>Істинні напруження та істинні деформації. Розрахунки стержнів при розтяганні і стисканні, крученні, згинанні за наявності пластичних деформацій. |
| **Лекція 17** | **Тема 17. Концентрація напружень.**<br>Поняття про концентрацію напружень. Номінальні напруження. Теоретичний коефіцієнт концентрації напружень. Вплив концентрації напружень на міцність крихких і пластичних матеріалів.<br>**Тема 18. Контактні напруження.**<br>Основні поняття та припущення. Переміщення граничних точок контактуючих тіл. Література: [2], стор. 613. |
| **Лекція 18** | **Тема 18. Контактні напруження (продовження).**<br>Деформації тіл у загальному випадку контакту. Визначення розмірів площадки контакту. Розрахунок контактних напружень в окремих випадках контактної взаємодії тіл. |
| **Лекція 19** | **Тема 19. Види руйнувань матеріалів елементів конструкцій.**<br>Крихке і в'язке руйнування. Втомне руйнування. |

| | |
|---|---|
| **Лекція 20** | **Тема 20. Основи механіки руйнування.**<br>Крихке руйнування. Теорія Гріффітса. Силові критерії руйнування. Оцінювання розмірів пластичної зони вздовж тріщини. |
| **Лекція 21** | **Тема 21. Розрахунки рухомих об'єктів з урахуванням сил інерції.**<br>Поняття про коефіцієнт динамічності системи. Розрахунки стержнів при розтяганні-стисканні і згинанні з урахуванням сил інерції. |
| **Лекція 22** | **Тема 22. Розрахунки при ударних навантаженнях.**<br>Основні поняття. Визначення коефіцієнта динамічності системи при ударі. Розрахунки стержнів при ударних навантаженнях. Механічні властивості матеріалів при ударі. |
| **Лекція 23** | **Тема 23. Пружні коливання.**<br>Класифікація механічних коливань. Власні та вимушені коливання з одним ступенем вільності. |
| **Лекція 24** | **Тема 23. Пружні коливання (продовження).**<br>Власні коливання з двома або кількома ступенями вільності |
| **Лекція 25** | **Тема 24. Опір матеріалів дії повторно-змінних навантажень.**<br>Характеристики циклу зміни напружень. Методи визначення границі витривалості матеріалу. Діаграма втоми. Вплив асиметрії циклу на границю витривалості. Діаграма граничних амплітуд. |
| **Лекція 26** | **Тема 24. Опір матеріалів дії повторно-змінних навантажень (продовження).**<br>Вплив конструктивно-технологічних факторів на границю витривалості. Розрахунок на міцність при повторно-змінних навантаженнях. |
| **Лекція 27** | **Тема 24. Опір матеріалів дії повторно-змінних навантажень (продовження).**<br>Поняття про малоциклову втому матеріалів. Розрахунок довговічності матеріалу при малоцикловому навантаженні. Термовтома. |

## Практичні заняття

Практичні заняття охоплюють основні теми лекційного матеріалу і розглядають питання практичного застосування отриманих знань. Їх тематика представлена в таблиці.

| № з/п | **Назва теми заняття та перелік основних питань** |
|---|---|
| 1 | Визначення переміщень в стержнях за допомогою інтеграла Мора (тема 1). |
| 2 | Визначення переміщень в стержнях за способом Верещагіна (тема 2). Контрольна робота за темою 2. |
| 3 | Розрахунки статично невизначуваних балок (тема 3). |
| 4 | Розрахунки статично невизначуваних рам (тема 4). Контрольна робота за темою 4. |
| 5 | Розрахунки статично невизначуваних систем у вигляді замкнених контурів (тема 4). Контрольна робота за темою 4. |
| 6 | Розрахунки при косому і складному згинанні (тема 5). |
| 7 | Проектувальний розрахунок при косому і складному згинанні (тема 5). Розрахунки при згинанні з розтяганням-стисканням (тема 6). |
| 8 | Розрахунки при позацентровому розтяганні-стисканні (тема 6). |

| | |
|---|---|
| | Розрахунки при згині з крученням круглого стержня (тема 7). |
| 9 | Проектувальний розрахунок при згині з крученням стержня (тема 7). |
| 10 | Розрахунки в загальному випадку дії сил на стержень (тема 8). Контрольна робота за темами 5-8. |
| 11 | Перевірка стержнів на стійкість (тема 9). |
| 12 | Проектувальний розрахунок стержнів за умовою стійкості (тема 10). Контрольна робота за темами 9 і 10. |
| 13 | Визначення напружень в осесиметричній оболонці (тема 11). |
| 14 | Визначення напружень, переміщень і деформації в товстостінних циліндрах (тема 13) |
| 15 | Розрахунки стержнів і стержневих систем за наявності пластичних деформацій (тема 16). |
| 16 | Розрахунки рухомих об'єктів з урахуванням сил інерції (тема 21). Розрахунки при ударних навантаженнях (тема 22). |
| 17 | Розрахунки при ударних навантаженнях (тема 22). Контрольна робота за темою 22. Визначення власних частот елементів конструкцій (тема 23). |
| 18 | Розрахунки на міцність при циклічному навантаженні (тема 24). |

## Лабораторні заняття

Основним завданням циклу лабораторних занять є практична перевірка і закріплення знань, отриманих на лекційних і практичних заняттях.

| № з/п | Назва лабораторної роботи (комп'ютерного практикуму) | Кількість ауд. годин |
|---|---|---|
| 1 | Теорема про взаємність переміщень (тема 3) | 2 |
| 2 | Статично невизначувана балка (тема 4) | 2 |
| 3 | Дослідна перевірка теорії косого згину (тема 4) | 2 |
| 4 | Деформація просторового ламаного стержня (тема 8) | 2 |
| 5 | Стійкість стиснутого стержня (тема 9) | 2 |
| 6 | Визначення ударної в'язкості (тема 23) | 2 |
| 7 | Вільні коливання системи з одним ступенем свободи (тема 24) | 2 |
| 8 | Дослідження згинальних коливань консольної балки резонансним методом (тема 24) | 2 |
| 9 | Залікове заняття | 2 |

### 6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента передбачає підготовку до аудиторних занять, проведення розрахунків за первинними даними, отриманими на лабораторних заняттях, та оформлення протоколів лабораторних робіт, розв'язання задач, заданих на практичних заняттях в якості домашніх завдань, підготовку до модульних контрольних робіт.

| № з/п | Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання | Кількість годин СРС |
|---|---|---|
| 1 | **Тема 1. Потенціальна енергія деформації тіла в загальному випадку його навантаження.** Література: [2], стор. 353-364; [3], стор. 305-318; [4], стор. 225-231. | 1 |

| | | |
|---|---|---|
| | *Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми, підготовка до аудиторних занять.* | |
| 2 | **Тема 2. Теорема Кастіліано. Інтеграл Мора. Спосіб Верещагіна.**<br>Відпрацювання методики визначення переміщень у пружних системах з використанням інтеграла Мора та за способом Верещагіна.<br>Література: [2], стор. 367-379; [4], стор. 235-249; [5], стор. 107-114.<br>*Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми, підготовка до аудиторних занять, розв'язання заданих для самостійного виконання задач.* | 5 |
| 3 | **Тема 3. Теореми про взаємність робіт і переміщень.**<br>Література: [2], стор. 365-367; [3], стор. 343-344; [4], стор. 254-258.<br>*Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми, підготовка до аудиторних занять, розв'язання заданих для самостійного виконання задач, підготовка до виконання та захисту лабораторної роботи №1.* | 2 |
| 4 | **Тема 4. Метод сил розкриття статичної невизначеності.**<br>Відпрацювання методики розкриття статичної невизначеності та виконання перевірки правильності розв'язання задачі в умовах розтягання-стискання, кручення і згинання стержнів за методом сил.<br>Література: [1], стор. 6-34; [2], стор. 386-404, 418-420; [4], стор. 266-289; [5], стор. 114-125.<br>*Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми, підготовка до аудиторних занять, розв'язання заданих для самостійного виконання задач, підготовка до виконання та захисту лабораторної роботи №2.* | 6 |
| 5 | **Тема 5. Складне і косе згинання стержня.**<br>Відпрацювання методики розв'язання задач косого та складного згинання стержнів.<br>Література: [1], стор. 35-52; [2], стор. 325-332; [4], стор. 207-211; [5], стор. 127-131.<br>*Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми, підготовка до аудиторних занять, розв'язання заданих для самостійного виконання задач, підготовка до виконання та захисту лабораторної роботи №3.* | 4 |
| 6 | **Тема 6. Згинання з розтяганням (стисканням). Позацентрове розтягання (стискання) прямого стержня.**<br>Відпрацювання методики розв'язання задач позацентрового розтягання (стискання) стержня.<br>Література: [1], стор. 53-61; [2], стор. 332-338; [4], стор. 21 -215; [5], стор. 131-138.<br>*Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми, підготовка до аудиторних занять, розв'язання заданих для самостійного виконання задач.* | 2 |

| | | |
|---|---|---|
| 7 | **Тема 7. Згин з крученням.**<br>Відпрацювання методики розв'язання задач згину з крученням стержнів круглого і не круглого перерізу.<br>Література: [1], стор. 62-72; [2], стор. 338-347; [4], стор. 361-364; [5], стор. 138-142.<br>*Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми, підготовка до аудиторних занять, розв'язання заданих для самостійного виконання задач.* | 4 |
| 8 | **Тема 8. Загальний випадок дії сил на стержень.**<br>Відпрацювання методики побудови епюр внутрішніх сил для просторового стержня та його розрахунку на міцність і жорсткість.<br>Література: [1] 73-79; [2], стор. 347-353; [5], стор. 142-144.<br>*Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми, підготовка до аудиторних занять, розв'язання заданих для самостійного виконання задач, підготовка до виконання та захисту лабораторної роботи №4.* | 6 |
| 9 | **Тема 9. Стійка та нестійка пружна рівновага. Задача Ейлера з визначення критичної сили для стисненого стержня.**<br>Література: [1], стор. 80-83; [2], стор. 492-499; [3], стор. 425-428; [4], стор. 505-528.<br>*Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми, підготовка до аудиторних занять, розв'язання заданих для самостійного виконання задач, підготовка до виконання та захисту лабораторної роботи №5.* | 1 |
| 10 | **Тема 11. Формула Ясинського. Умова стійкості. Практичні розрахунки на стійкість стиснених стержнів.**<br>Відпрацювання методики розрахунків стиснених стержнів на стійкість за коефіцієнтом запасу стійкості та коефіцієнтом зменшення основного допустимого напруження.<br>Література: [1], стор. 80-93; [2], стор. 502-508; [5], стор. 145-164.<br>*Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми, підготовка до аудиторних занять, розв'язання заданих для самостійного виконання задач.* | 3 |
| 11 | **Тема 11. Напруження в осесиметричній оболонці.**<br>Визначення напружень в стінці тонкостінної осесиметричної оболонки..<br>Література: [1], стор. 157-187; [2], стор. 461-467; [4], стор. 398-406; [5], стор. 173-175.<br>*Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми, підготовка до аудиторних занять.* | 1,5 |
| 12 | **Тема 12. Розпірні кільця в оболонках.**<br>Визначення розмірів розпірних кілець.*)<br>Література: [1], стор. 162-186; [2], стор. 466-468. | 0,5 |

| | | |
|---|---|---|
| | *Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми, підготовка до аудиторних занять.* | |
| 13 | **Тема 13. Напруження, переміщення і деформації в товстостінних циліндрах.**<br>Література: [2], стор. 437-449, 453-459; [3], стор. 466-496; [4], стор. 379-394.<br>*Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми, підготовка до аудиторних занять.* | 0,75 |
| 14 | **Тема 14. Розрахунки обертових дисків.**<br>Література: [2], стор. 453-459; [3], стор. 482-496.<br>*Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми, підготовка до аудиторних занять.* | 0,25 |
| 15 | **Тема 15. Фізичні основи пластичного деформування.**<br>Література: [2], стор. 100-103; [3], стор. 11-14; [4], стор. 72-78.<br>*Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми, підготовка до аудиторних занять.* | 0,25 |
| 16 | **Тема 16. Розрахунки стержнів і стержневих систем за наявності пластичних деформацій.**<br>Відпрацювання методики розрахунків стержнів і стержневих систем за граничним станом в умовах розтягання-стискання, кручення і згинання.<br>Література: [1], стор. 75-82; [2], стор. 481–491; [4], стор. 456-461; [5], стор. 181-193.<br>*Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми, підготовка до аудиторних занять, розв'язання заданих для самостійного виконання задач.* | 1,75 |
| 17 | **Тема 17. Концентрація напружень.**<br>Врахування концентрації напружень при розрахунках стержнів в умовах статичного навантаження.<br>Література: [2], стор. 103-106; [3], стор. 208-210.<br>*Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми, підготовка до аудиторних занять.* | 1 |
| 18 | **Тема 18. Контактні напруження.**<br>Відпрацювання методики розрахунків розмірів площадки контакту та контактних напружень за формулами Герца.<br>Література: [2], стор. 613-622.<br>*Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми, підготовка до аудиторних занять.* | 1 |
| 19 | **Тема 19. Види руйнувань матеріалів елементів конструкцій.**<br>Література: [2], стор. 622-623 [3], стор. 78-80, 87-93; [4], стор. 86-99, 366, 471-475.<br>*Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми, підготовка до аудиторних занять.* | 0,25 |

| | | |
|---|---|---|
| 20 | **Тема 20. Основи механіки руйнування.**<br>Відпрацювання методики визначення запасів міцності деталей машин з тріщиною.<br>Література: [2], стор. 636-638.<br>*Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми, підготовка до аудиторних занять.* | 1,75 |
| 21 | **Тема 21. Розрахунки рухомих об'єктів з урахуванням сил інерції.**<br>Визначення напружень і деформацій в обертових стержнях при дії сил інерції.<br>Література: [1] стор. 94-105; [2], стор. 128-130, 302-304;<br>[5], стор. 222-227.<br>*Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми, підготовка до аудиторних занять, розв'язання заданих для самостійного виконання задач.* | 2 |
| 22 | **Тема 22. Розрахунки при ударних навантаженнях.**<br>Вивчення теоретичних основ та відпрацювання методики розрахунків стержнів і стержневих систем на міцність і жорсткість при ударі і умовах розтягання-стискання, кручення і згинання.<br>Література: [1] стор. 106-120; [4], стор. 217-218; [5], стор. 227-233.<br>*Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми, підготовка до аудиторних занять, розв'язання заданих для самостійного виконання задач, підготовка до виконання та захисту лабораторної роботи №6.* | 4 |
| 23 | **Тема 23. Пружні коливання.**<br>Вивчення теоретичних основ та відпрацювання методики дослідження власних коливань систем з одним та двома ступенями вільності.<br>Література: [1] стор. 121-138; [2], стор. 521-527, 541-546;<br>[5], стор. 200-222.<br>*Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми, підготовка до аудиторних занять, розв'язання заданих для самостійного виконання задач, підготовка до виконання та захисту лабораторних робіт №.7 і 8.* | 4 |
| 24 | **Тема 24. Опір матеріалів дії повторно-змінних навантажень.**<br>Вивчення теоретичних основ та відпрацювання методики визначення запасів втомної міцності при дії повторно-змінних навантажень.<br>Література: [1] стор. 139-156; [2], стор. 581-589;[4], стор. 497-504;<br>[5], стор. 234-248.<br>*Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми, підготовка до аудиторних занять, розв'язання заданих для самостійного виконання задач. Підготовка до залікового заняття №18 з лабораторних робіт.* | 4 |

*) *Додатковий матеріал, рекомендований для самостійного вивчення в рамках означених тем.*

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

**Правила відвідування занять**

При проведенні занять в дистанційному режимі, зокрема в мережі ZOOM, студент свою присутність має засвідчити, ввімкнувши мікрофон і камеру на вимогу викладача.

*Матеріали пропущених занять мають бути відпрацьованим самостійно. Відпрацювання лабораторних робіт здійснюється за графіком кафедри.*

**Правила поведінки на заняттях**

Студенти на заняття мають з'являтися своєчасно, без запізнень.

На лекційних заняттях студенти повинні мати конспекти або бланки лекцій, попередньо отриманих від викладача. Студенти мають право задавати питання щодо роз'яснення незрозумілих положень, попередньо запитавши дозволу.

На практичні заняття студенти з'являються підготовленими з теорії за тими темами, що будуть розглядатися, та мати при собі необхідні засоби для виконання завдань (калькулятори, смартфони для виходу в інтернет тощо). Всі студенти мають проявляти активність в обговоренні питань, винесених для розгляду, пред'являти для перевірки домашні завдання на вимогу викладача

На лабораторні заняття студенти з'являються підготовленими до лабораторних робіт та ознайомленими з правилами техніки безпеки при їх виконанні. При собі вони повинні мати бланки протоколів. Під час проведення робіт всі студенти мають брати активну участь у їх виконанні, проводити необхідні записи та розрахунки, які, після виконання, затверджуються викладачем.

*Дотримання дисципліни в аудиторії обов'язкове. Воно передбачає не допущення сторонніх розмов, користування будь-якими гаджетами чи іншими пристроями з метою, не передбаченою потребою виконання поставлених викладачем завдань, категоричне недопущення порушень техніки безпеки при виконанні лабораторних робіт.*

**Правила захисту лабораторних робіт**

До захисту лабораторних робіт допускаються студенти, що відпрацювали їх на заняттях та мають правильно оформлені і затверджені викладачем протоколи. Захист проходить у формі колоквіуму, за результатами якого викладач проводить бальне оцінювання і робить висновок щодо зарахування чи не зарахування лабораторної роботи.

**Правила захисту індивідуальних завдань.**

Індивідуальні завдання у вигляді задач після їх виконання здаються викладачу на перевірку. Після підтвердження правильності розв'язку проводиться співбесіда з теоретичних питань за темою завдання та методики розв'язання задачі. За результатами співбесіди викладач проводить бальне оцінювання і робить висновок щодо зарахування чи не зарахування виконаного завдання.

**Правила призначення заохочувальних та штрафних балів**

Ці правила відображені в рейтинговій системі оцінювання (див. п. 8)

**Політика дедлайнів та перескладань**

На початку семестру викладач інформує студентів щодо контрольних заходів та термінів їх проведення. Оголошуються графіки виконання індивідуальних завдань, інших видів робіт, та встановлюються граничні терміни їх виконання та здачі. Також оговорюються умови та терміни перескладань в разі негативного результату попередньої спроби.

*Порушення дедлайнів карається зниженням балів у рейтингу (див. п. 8). Кількість перескладань обмежена, але не менша трьох, і встановлюється викладачем.*

## Політика щодо академічної доброчесності

В процесі вивчення дисципліни студенти виконують індивідуальні завдання, захищають лабораторні роботи, пишуть контрольні роботи та складають іспити. При цьому студенти і викладачі на взаємній основі керуються принципами академічної доброчесності стосовно неприпустимості плагіату, фальсифікації результатів роботи, корупційних проявів тощо.

*Виявлення ознак плагіату у виконаних індивідуальних завданнях має наслідком заміну варіанту завдання, зниження балів у рейтингу аж до подачі на відрахування з університету.*

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

Протягом семестру виконуються такі види контролю успішності студентів у вивченні дисципліни:

- **Поточний контроль.** Включає експрес-опитування за темою заняття.
- **Календарний контроль.** Проводиться двічі на семестр, як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
- **Семестровий контроль.** Екзамен.

**Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за:**

1) роботу на практичних заняттях;
2) написання контрольних робіт;
3) виконання та захист лабораторних робіт
4) письмова контрольна робота на екзамені.

### 8.1. Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

#### 8.1.1. Робота на практичних заняттях

Ваговий бал – **1,66**. Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях протягом семестру дорівнює 1,66 бали х 18 = **30 балів**.

*Критерії нарахування балів*:
– активна творча робота – 1,66 бали;
– плідна робота – 1 бал;
– пасивна робота –0 балів.

#### 8.1.2. Модульна контрольна роботи

Ваговий бал – **10**.

*Критерії оцінювання контрольних робіт (максимальний бал):*
– робота виконано правильно – 10 бали;
– хід розв’язання правильний, є помилки в обчисленнях – 7 – 9 балів;
– помилки в методиці розв’язання задачі – 1 – 6 балів;
– відсутність розв’язання задачі – 0 балів

#### 8.1.3. Лабораторні роботи

Ваговий бал – **1,5**. Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює 2 бали х 8 = **12** балів.

*Критерії оцінювання лабораторних робіт:*
– бездоганна робота – 1,5 бали;
– є певні недоліки у підготовці та/або виконанні роботи – 1 бал;

– Робота не виконана або не захищена –0 балів.

**8.1.4. Заохочувальні бали нараховуються за:**

– участь у Всеукраїнській олімпіаді з дисципліни – +5 балів;
– призове місце на Всеукраїнській олімпіаді з дисципліни – +10 балів;
– участь у створенні та модернізації лабораторної бази та унаочнення кафедри, інші роботи з допомоги кафедрі (за умови виконання навчальної програми з дисципліни) від +1до +10 балів.

**8.1.5. Штрафні бали нараховуються за:**

– несвоєчасна здача лабораторної роботи –1 бал;
– несвоєчасна здача індивідуального завдання –1 бал.

### 8.2. Розрахунок шкали (R) рейтингу

Сума вагових балів контрольних заходів складає:

$$R_C = 30+10+12 = 52 \ бали.$$

Екзаменаційна складова шкали дорівнює (40 % від R):

$$R_E = R_C \frac{0,48}{1-0,48} = 48 \ балів.$$

### 8.3. Атестації

Умовою позитивної першої атестації є отримання не менше 8 балів та виконання всіх лабораторних робіт (на час атестації). Умовою позитивної другої атестації – отримання не менше 22 балів, виконання всіх лабораторних робіт (на час атестації) за умови зарахування розрахункової роботи.

### 8.4. Допуск до екзамену

Умовою допуску до екзамену є зарахування всіх лабораторних робіт, та стартовий рейтинг не менше 26 балів.

### 8.5. Критерії оцінювання відповідей на екзамені:

На екзамені студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить два теоретичних запитання і одне практичне завдання. Перелік запитань наведений у пункті 9 даного силабусу. Кожне запитання (завдання) оцінюється у 12 балів за такими критеріями:

– «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове розв'язування завдання) – 12-11 балів;
– «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь або є незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – 9-8 балів;
– «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 7-6 балів;
– «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

**Сума стартових балів та балів за екзаменаційну контрольну роботу переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:**

| Бали | Оцінка |
|---|---|
| 100…95 | Відмінно |
| 94…85 | Дуже добре |

| | |
|---|---|
| 84…75 | Добре |
| 74…65 | Задовільно |
| 64…60 | Достатньо |
| Менше 60 | Незадовільно |
| Є не зараховані лабораторні роботи або не зарахована розрахункова робота | Не допущено |

## 9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

**ПИТАННЯ З ДИСЦИПЛІНИ**
**«МЕХАНІКА МАТЕРІАЛІВ І КОНСТРУКЦІЙ Частина 2. Складне навантаження, стійкість і динаміка.» ,**
**ЩО ВИНОСЯТЬСЯ НА ЕКЗАМЕН**

1. Потенціальна енергія деформації стержнів у загальному випадку навантаження.
2. Теорема Кастіліано.
3. Інтеграл Мора (виведення формули). Принцип Мора визначення переміщень.
4. Спосіб Верещагіна.
5. Теорема про взаємність робіт. Теорема про взаємність переміщень.
6. Статично невизначувані системи. Метод сил при розкритті статичної невизначеності.
7. Система канонічних рівнянь методу сил.
8. Розрахунки на міцність при косому і неплоскому згині. Визначення переміщень при неплоскому згині.
9. Згин з розтягом.
10. Нецентровий розтяг-стиск.
11. Згин з крученням круглих стержнів.
12. Згин з крученням некруглих стержнів.
13. Поняття про стійкість пружних систем.
14. Задача Ейлера для поздовжньо стисненого стержня.
15. Вплив способу закріплення стержня на величину критичної сили.
16. Критичні напруження. Гнучкість стержня. Границі застосування формули Ейлера.
17. Перевірка стійкості стиснутого стержня за границею пружності. Формула Ясинського.
18. Умова стійкості. Розрахунки на стійкість з застосуванням коефіцієнта зменшення допустимих напружень.
19. Рівняння Ляме. Розрахунок на міцність товстостінної труби, навантаженої внутрішнім та зовнішнім тиском.
20. Аналіз напруженого стану товстостінної труби, навантаженої тільки внутрішнім тиском.
21. Аналіз напруженого стану товстостінної труби, навантаженої тільки зовнішнім тиском.
22. Розрахунок складених циліндрів.
23. Температурні напруження в товстостінних циліндрах.
24. Напружено-деформований стан в обертових дисках.
25. Розрахунок обертових дисків постійної товщини.
26. Безмоментна теорія оболонок. Рівняння Лапласа.
27. Перша теорема гідростатики для безмоментної теорії оболонок.
28. Друга теорема гідростатики для безмоментної теорії оболонок.
29. Кристалічна будова металів.
30. Теоретична міцність кристалу.
31. Можливі моделі зсуву (основи теорії дислокацій).
32. Деформаційне зміцнення. Властивості матеріалів при розвантаженні і повторному навантаженні. Ефект Баушингера. Визначення істинних напружень і деформацій.
33. Розрахунки за граничним станом за розтягу стиску (на прикладі тристержневої системи з ідеальними шарнірами).
34. Розрахунки за граничним станом при крученні та згині.
35. Концентрація напружень. Теоретичний коефіцієнт концентрації напружень.
36. Вплив механічних властивостей матеріалу на характер розподілу напружень в зоні концентратора.
37. Контактні напруження. Переміщення точок тіл в зоні контакту.
38. Контактні напруження. Напружений стан тіла в зоні контакту.

39. Визначення контактних напружень та розмірів площадки контакту для типових випадків взаємодії куль та циліндрів.
40. Коефіцієнт динамічності пружних систем при дії сил інерції.
41. Визначення напружень і деформацій в стержні, що обертається навколо свого торця.
42. Визначення критичної швидкості обертання вала.
43. Динамічні напруження та деформації в тілі при ударі. Виведення формул для коефіцієнта динамічності при ударі горизонтально рухомим вантажем.
44. Динамічні напруження та деформації в тілі при ударі. Виведення формул для коефіцієнта динамічності при ударі вертикально падаючим вантажем.
45. Шляхи мінімізації коефіцієнта динамічності.
46. Механічні характеристики матеріалів при ударі. Випробування на удар.
47. Механічні коливання: основні види коливань та їх особливості.
48. Вільні коливання систем з одним ступенем вільності.
49. Вимушені коливання. Умова настання резонансу в пружній системі.
50. Механізм зародження втомної тріщини. Стадії втомного руйнування.
51. Характеристики циклу зміни напружень. Типи циклів за формою та асиметрією.
52. Експериментальні дослідження втомної міцності металів.
53. Діаграма граничних амплітуд.
54. Вплив концентрації напружень на втомну міцність металів. Ефективний коефіцієнт концентрації напружень.
55. Вплив розмірів деталі на втомну міцність металів.
56. Вплив стану поверхні деталі на втомну міцність металів.
57. Розрахунок на міцність при змінних навантаженнях. Коефіцієнт запасу втомної міцності. Формула Гаффа-Полларда.

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено** доцентом кафедри ДММ та ОМ, к.т.н., доцентом **Заховайком О.П.**

**Ухвалено** кафедрою динаміки і міцності машин та опору матеріалів (протокол № 10 від 14.12.2024) **Погоджено** Методичною комісією НН ММІ (протокол №5 від 20.12.2024)