

**Харківський національний технічний університет
сільського господарства імені Петра Василенка**

Навчально-науковий інститут технічного сервісу

Кафедра надійності, міцності та технічного сервісу машин імені В.Я.
Аніловича

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«Механіка машинобудівних конструкцій.»

1. АНОТАЦІЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Програма вивчення навчальної дисципліни «Механіка машинобудівних конструкцій.» складена відповідно до освітньої програми підготовки бакалаврів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування».

Механіка машинобудівних конструкцій - інженерна дисципліна, в якій розглядається методика конструювання, конструкторське проектування в САПР та статичний розрахунок прямолінійних і криволінійних елементів машинобудівних конструкцій на розтяг - стиск, кручення і згин.

Вивчаються окремі види розрахунків НДС стрижневих систем, плоских і просторових рам, складених балок та сучасні чисельні методи розв'язання задач теорії пружності, динаміки і стійкості стрижневих конструкцій. Навчальна дисципліна «Механіка машинобудівних конструкцій» буде корисна майбутнім фахівцям для набуття знань та вмій по аналізу динаміки, міцності, стійкості машинобудівних конструкцій при проектуванні та в процесі їх експлуатації.

| | |
|------------------------------|---|
| Рівень вищої освіти | Перший (бакалаврський) |
| Галузь знань | 13 «Механічна інженерія» |
| Спеціальність | 133 «Галузеве машинобудування» |
| Освітньо-професійна програма | «Галузеве машинобудування» |
| Період навчання | Рік підготовки - <u>4</u> й, семестр - <u>7, 8</u> й |
| Обсяг курсу | 8 кредити; 240 год, з них: лекції – <u>45</u> год, практичні заняття <u>60</u> год, самостійна робота – <u>135</u> год. |
| Форма підсумкового контролю | Залік |
| Викладачі: | доцент Свіргун Ольга Анатоліївна |

2. СТИСЛИЙ ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета дисципліни - підготовка студентів до самостійного розв'язання задач з розрахунку машинобудівних конструкцій при статичному та динамічному навантаженні. Вивчення методів розрахунку напружено-

деформованого стану реальних елементів машинобудівних конструкцій, представлених стержневими системами, пластинками та їх комбінаціями. Опанування студентами на задовільному (початковому) рівні САД-, САЕ-системами.

Завдання дисципліни вивчення сучасних розрахунків на міцність, стійкість, жорсткість, довговічність, надійність складних конструкцій і деталей, які є складовою частиною транспортних засобів. Дати студентам практичні навички в розробці розрахункових схем навантаження складних конструкцій, в використанні типових розрахунків на міцність, стійкість, жорсткість та ін., в роботі з довідковою, нормативною та технічною літературою і державними стандартами.

Пререквізити дисципліни: Базові знання з вищої математики, інженерної та комп'ютерної графіки, теоретичної механіки, опору матеріалів.

Компетентності, які студент набуде в результаті навчання:

- розуміння принципів конструювання механізмів і машин та обладнання різного призначення для машинобудування та методів їх розрахунку;

- здатність демонструвати знання з механіки і машинобудування;

- ставити та розв'язувати інженерні завдання з використанням відповідних розрахункових методів на базі спеціалізованого програмного забезпечення для автоматизованого проектування та виконання спеціальних розрахунків;

- здатність застосовувати типові аналітичні методи та комп'ютерні програмні засоби для розв'язування інженерних завдань галузевого машинобудування;

- здатність ухвалювати обґрунтовані рішення.

Заплановані результати навчання. У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

знати:

- основи теорії, методику аналізу та розрахунку стрижневих систем;

- основні поняття теорії конструювання, стадії, правила і етапи процесу конструювання, нормативну базу конструювання, комплектність конструкторської документації систем управління, основні властивості та технологічні прийоми обробки матеріалів, які використовуються при виготовленні елементів конструкцій;

- класифікацію систем автоматизованого проектування (САПР);

- методи проектування, що реалізовані в сучасних САД системах;

- принципи роботи в САД системах для розробки інженерних проектів;

- послідовність роботи в САД системах;

вміти:

- виконувати інженерні розрахунки на міцність, жорсткість, стійкість та витривалість інженерних конструкцій будівель та споруд за відповідними схемами навантаження;

- самостійно працювати з літературою при вивченні питань курсу;

- використовувати комп'ютерні технології при здійсненні інженерних розрахунків.

- аналізувати поставлене завдання по розробці конструкції;
- аналізувати різні варіанти отриманих результатів розрахунку;
- прийняти оптимальні рішення щодо її реалізації з урахуванням вимог технології виготовлення і збірки, експлуатації, ергономіки, надійності, довговічності та інших показників.

Методи навчання: практичний, наочний, словесний.

Форми навчання: індивідуальні, групові, аудиторні, позааудиторні.

3. ЗМІСТ І СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

4. Структура навчальної дисципліни

| Назви змістових модулів і тем | Кількість годин | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|--------------|-----------|-----|-----|-----------|--------------|--------------|----|-----|-----|------|--|
| | денна форма | | | | | | Заочна форма | | | | | | |
| | усього | у тому числі | | | | | усього | у тому числі | | | | | |
| | | л | п | лаб | інд | с.р. | | л | п | лаб | інд | с.р. | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | |
| МОДУЛЬ І. | | | | | | | | | | | | | |
| Змістовий модуль 1. Кінематичний аналіз і розрахунок стержневих систем, теореми для пружних систем. | | | | | | | | | | | | | |
| Тема 1. Вступ. Основні гіпотези та припущення. Кінематичний аналіз стержневих систем. | 7 | 1 | 2 | | | 4 | | | | | | | |
| Тема 2. Балки. Розрахунок багатопрольотних балок. | 10 | 1 | 3 | | | 6 | | | | | | | |
| Тема 3. Рами. Внутрішні зусилля в перерізах рам. Основні закономірності. Побудова епюр. | 16 | 2 | 4 | | | 10 | | | | | | | |
| Тема 4. Ферми. Поняття про ферму. Розрахункові схеми ферм. Аналітичні методи розрахунку ферм. | 16 | 2 | 4 | | | 10 | | | | | | | |
| Тема 5. Переміщення. Переміщення в статично визначених системах. | 13 | 2 | 2 | | | 9 | | | | | | | |
| <i>Разом за змістовим модулем</i> | <i>62</i> | <i>8</i> | <i>15</i> | | | <i>39</i> | | | | | | | |
| Змістовий модуль 2. Розрахунок плоских стержневих систем методами сил та переміщень. | | | | | | | | | | | | | |
| Тема 6. Метод сил. Основи методу сил. Канонічні рівняння | 19 | 2 | 5 | | | 12 | | | | | | | |
| Тема 7. Метод переміщень. Основна система. Канонічні рівняння. | 19 | 2 | 5 | | | 12 | | | | | | | |
| Тема 8. Розрахунки статично невизначених систем змішаним комбінованим методом. | 20 | 3 | 5 | | | 12 | | | | | | | |
| <i>Разом за змістовим модулем</i> | <i>58</i> | <i>7</i> | <i>15</i> | | | <i>36</i> | | | | | | | |
| Усього годин за модулем І | 120 | 15 | 30 | | | 75 | | | | | | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|--|------------|-----------|-----------|---|---|------------|---|---|----|----|----|----|
| МОДУЛЬ II. | | | | | | | | | | | | |
| Змістовий модуль 3. Загальні положення щодо проектування та конструювання машин Проектування конструкції за допомогою CAD / CAM систем. | | | | | | | | | | | | |
| Тема 9. Основи проектування та конструювання | 4 | 2 | | | | 2 | | | | | | |
| Тема 10. Механічні характеристики конструкційних матеріалів. | 4 | 2 | | | | 2 | | | | | | |
| Тема 11. Основна концепція CAD / CAM технологій. Порівняльний аналіз і тенденції подальшого розвитку сучасних CAD/CAM систем. | 6 | 2 | 2 | | | 2 | | | | | | |
| Тема 12. Загальна характеристика і тенденції розвитку CAE. Основні універсальні машинобудівні CAE. | 6 | 2 | 2 | | | 2 | | | | | | |
| Тема 13. Загальні відомості про компанію та CAE "ANSYS". Основні можливості і особливості CAE "ANSYS" | 12 | 2 | 2 | | | 8 | | | | | | |
| Тема 14. Принципи побудови скінченно-елементних моделей. Раціональне розбиття на скінченні елементи . | 12 | 2 | 4 | | | 6 | | | | | | |
| Тема 15. Напружений і деформований стан. Основні співвідношення теорії пружності. | 4 | 2 | | | | 2 | | | | | | |
| Тема 16. Головні напруження і інваріанти напружень. Сучасні теорії міцності і їх застосування | 4 | 2 | | | | 2 | | | | | | |
| Тема 17. Математичні основи методу скінченних елементів. | 6 | 2 | 2 | | | 2 | | | | | | |
| Тема 18. Розрахунок ступінчастого стрижня, який працює на розтяг МСЕ. | 10 | 2 | 2 | | | 6 | | | | | | |
| Тема 19. Розрахунок на міцність круглих валів МСЕ. | 12 | 2 | 4 | | | 6 | | | | | | |
| Тема 20. Розрахунок стрижнів, що зазнає складного згину МСЕ | 10 | 2 | 2 | | | 6 | | | | | | |
| Тема 21. Плоска задача теорії пружності. | 8 | 2 | 4 | | | 2 | | | | | | |
| Тема 22. Розрахунок пластин. | 12 | 2 | 4 | | | 6 | | | | | | |
| Тема 23 Об'ємна задача теорії пружності. | 10 | 2 | 2 | | | 6 | | | | | | |
| <i>Разом за змістовим модулем 3</i> | 120 | 30 | 30 | | | 60 | | | | | | |
| Усього годин за модулем II | 120 | 30 | 30 | | | 60 | | | | | | |
| Усього годин | 240 | 45 | 60 | | | 135 | | | | | | |

Теми практичних занять

| № з/п | Назва теми | Кількість годин | |
|-------|--|-----------------|-----|
| | | д/ф | з/ф |
| 1 | Задачі на кінематичний аналіз. Ступінь свободи. Аналіз геометричної незмінності системи. | 2 | |
| 2 | Розрахунок багатопрольотної статично визначеної балки. | 3 | |
| 3 | Розрахунок статично визначених рам | 4 | |
| 4 | Розрахунок статично визначених ферм | 2 | |
| | Розрахунок ферм в «Ліра-САПР» | 2 | |
| 5 | Переміщення в статично визначених системах. Обчислення переміщень в рамах | 2 | |
| 6 | Метод сил. Канонічні рівняння. Побудова епюр внутрішніх зусиль. | 5 | |
| 7 | Метод переміщень. Канонічні рівняння. | 5 | |
| 8 | Розрахунок балок та рам МСЕ в программе «Ліра-САПР». | 5 | |
| 9 | Порівняльний аналіз сучасних CAD/CAM систем. | 2 | |
| 10 | Основні універсальні машинобудівні CAE системи. | 2 | |
| 11 | Ознайомлення з AnsysWorkbench. | 4 | |
| 12 | Побудова 3D-твердотільної геометрії в AnsysWorkbench. | 4 | |
| 13 | Пряма генерація SE-сітки в ANSYS. Основні скінчені елементи. Типова послідовність дій при розрахунку статика. Перегляд результатів розрахунку. | 2 | |
| 14 | Розрахунок стрижня, який працює на розтяг МСЕ | 2 | |
| 15 | Розрахунок на міцність круглих валів МСЕ. | 2 | |
| 16 | Моделювання НДС вала зі шліцами. | 2 | |
| 17 | Операції в AnsysWorkbench. | 2 | |
| 18 | Розрахунок вісесиметричної задачі теорії пружності МСЕ | 2 | |
| 19 | Моделювання НДС диска, що обертається | 2 | |
| 20 | Розрахунок пластин МСЕ | 2 | |
| 21 | Концентрація напружень в пластині. Задача Кірша | 2 | |
| | | | |

Теми для самостійної роботи

| № з/п | Назва теми | Кількість годин | |
|-------|---|-----------------|-----|
| | | д/ф | з/ф |
| 1 | Кінематичний аналіз стержневих систем. | 4 | |
| 2 | Розрахунок багатопрольотних балок. | 6 | |
| 3 | Внутрішні зусилля в перерізах рам. Побудова епюр. | 10 | |
| 4 | Аналітичні методи розрахунку ферм. | 10 | |
| 5 | Переміщення в статично визначених системах. | 9 | |
| 6 | Метод сил. Розрахунок рам методом сил. | 12 | |
| 7 | Метод переміщень. Розрахунок рам методом сил. | 12 | |

| | | | |
|-------|--|----|--|
| 8 | Розрахунок рам змішаним комбінованим методом. | 12 | |
| 9 | Методика конструювання. Конструкторська спадкоємність. Методи розрахунків деталей машин на міцність. | 2 | |
| 10 | Вибір конструкційних матеріалів для деталей. | 2 | |
| 11-12 | Стан ринку інженерних САПР. Характерні особливості інженерних САПР. Конструкторське проектування в САПР. | 4 | |
| 13 | Основні можливості і особливості "ANSYS" | 8 | |
| 14 | Математичні основи методу скінченних елементів. | 6 | |
| 15 | Раціональне розбиття на скінченні елементи. Вплив вибору сітки на точність розрахунку. | 6 | |
| 16 | Матриці. Операції з матрицями. | 2 | |
| 17-18 | Матриця жорсткості скінченого елемента при згині з крученням. | 8 | |
| 19 | Поняття про плоску задачу теорії пружності. Узагальнений закон Гука. Плоский напружений стан. Плоский деформований стан. | 6 | |
| 20 | Особливості вісесиметричної задачі теорії пружності. | 6 | |
| 21 | Гіпотеза Кирхгофа. Зв'язок між переміщеннями, деформаціями і зусиллями. | 2 | |
| 22-23 | Функція переміщення для тетраедра. Вектори деформацій і напружень. Матриця жорсткості для тетраедра. | 12 | |

4. ПОРЯДОК ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Розподіл балів, які отримують студенти

| Поточне тестування та самостійна робота | | | | | | | | Підсумковий тест (залік) | Сума |
|---|----|----|----|---------------------|----|----|----|--------------------------|------|
| Модуль I | | | | | | | | | |
| Змістовий модуль №1 | | | | Змістовий модуль №2 | | | | | |
| T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | | |
| 5 | 5 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 30 | 100 |

| Поточне тестування та самостійна робота | | | | | | | | | Підсумковий тест (екзамен) | Сума |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------------------|------|
| Модуль II | | | | | | | | | | |
| Змістовий модуль №3 | | | | | | | | | | |
| T9 | T10 | T11 | T12 | T13 | T14 | T15 | T16 | T17 | | |
| 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 40 | 100 |
| T18 | T19 | T20 | T21 | T22 | T23 | | | | | |
| 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | | |

T1, T2 ... T23 – теми.

Оцінка підсумкового контролю включає тестовий контроль – максимального 40 балів;

Підсумкова оцінка з дисципліни визначається як сума оцінок за поточний та підсумковий контроль.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

| Сума балів за всі види навчальної діяльності | Оцінка ECTS | Оцінка за національною шкалою | |
|--|-------------|--|---|
| | | для екзамену, курсового проекту (роботи), практики | для заліку |
| 90 – 100 | A | відмінно | зараховано |
| 82 – 89 | B | добре | |
| 74 – 81 | C | | |
| 64 – 73 | D | задовільно | |
| 60 – 63 | E | | |
| 35 – 59 | FX | незадовільно з можливістю повторного складання | не зараховано з можливістю повторного складання |
| 0 – 34 | F | незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни | не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни |

Критерії оцінювання:

«Відмінно» (90-100 балів) – студент виявляє всебічні системні і глибокі знання програмного матеріалу, вільно оперує матеріалом, чітко володіє понятійним апаратом, уміє аналізувати і робити висновки;

«Дуже добре» (82-89 бали) – студент виявляє широкий професійний кругозір, уміння логічно мислити, виявляє достатньо системне і глибоке знання програмного матеріалу, чітко володіє понятійним апаратом, проте у відповідях допускаються окремі неточності, які не змінюють суті питання.

«Добре» (74-81 бали) – студент виявляє достатньо глибоке знання програмного матеріалу, володіє понятійним апаратом, вміє аргументувати свої відповіді, проте у відповідях допускаються неточності, які впливають на чіткість.

«Задовільно» (64-73 бали) – студент виявляє не достатньо глибоке знання програмного матеріалу, в основному володіє основним понятійним апаратом, але допускає принципові помилки;

«Достатньо» (60-63 бали) – студент виявляє слабкі знання, у відповідях не точно формулює причинно-наслідкові зв'язки між явищами і процесами, оперування фактами відбувається на рівні запам'ятовування, допускаються значні помилки.

«Незадовільно» (35-59 бали) – студент виявляє значні прогалини в знаннях основного програмного матеріалу, у володінні окремими поняттями,

не знає більшої частини фактичного матеріалу, не вмє встановлювати причинно-наслідкові зв'язки між явищами і процесами, завчивши матеріал без його усвідомлення.

5. ПОЛІТИКА КУРСУ

Політика курсу передбачає відповідальність викладача і студента; прозорість оцінювання; інформування та реалізація політики академічної доброчесності.

Порядок зарахування пропущених занять відбувається у формі усного опитування (при пропущенні лекції) та виконання індивідуального розрахункового завдання (при пропущенні практичного заняття). При цьому враховується причина пропуску занять: при відсутності за поважної причини відпрацювання зараховується з коефіцієнтом 1,0, при відсутності поважної причини – 0,5.

6. ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

Методичне забезпечення

Базова література

1. Баженов В.А, Перельмутер А.В., Шишов О.В. Будівельна механіка, Комп'ютерні технології: Підручник / За ред. д.т.н., проф. В.А.Баженова. – К.: Каравела, 2009. – 696с.

2. Баженов В.А., Іванченко Г.М., Шишов О.В. Будівельна механіка. Розрахункові вправи. Задачі. Комп'ютерне тестування: навч. посібник.-К.: Каравела, 2006.-344с.

3. Водопьянов Р.Ю., Титок В.П., Артамонова А.Е, Ромашкина М.А. /Под редакцией академика РААСН Городецкого А.С. ЛИРА САПР 2017. Руководство пользователя. Обучающие примеры Электронное издание, 2017г., – 535 с.

4. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. – М.: Мир, 1975. – 541с.

5. Л. Сегерлинд. Применение метода конечных элементов. – М.: Мир, 1979.–392с.

6 Бруйка В.А. Инженерный анализ в Ansys Workbench: Учебное пособие. / Бруйка В.А., В.Г. Фокин, Я.В.Курвева.-Самара : Самар. гос. техн.ун-т, 2013. -148с.:

7. Рудь Ю.С. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. – Кривий Ріг: Видавництво «Мінерал», 2015.- 462 с.

Додаткова література

1. Баженов В.А. Будівельна механіка і теорія споруд. Нариси з історії / В.А.Баженов, Ю.В.Ворона, А.В.Перельмутер. – К.: Каравела, 2016. – 428 с.

2. Зенкевич О., Морган К. Конечные элементы и аппроксимация: Пер. с. англ. – М.: Мир, 1986. – 318 с., ил.
3. Писаренко Г.С. Опір матеріалів /О.Л.Квітка, Є.С.Уманський. – К. «Вища школа», 2004, 656с.
4. Справочник по сопротивлению материалов/ Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев: Наук. думка, 1998.– 736с.
5. Орлов П.И. Основы конструирования: В 2-х кн. – М.: Машиностроение, 1988.

Internet-ресурси

1. Баженов В.А. ,Иванченко Г.М., Шишов О.В., Пискунов С.О. Будівельна механіка. Розрахункові вправи. Задачі. Компютерне тестування: навч. посібник.-К.: Каравела, 2013.-440с.
<http://www.knuba.edu.ua/doc/bm/bmp.pdf>
- 2 Расчет тонкостенных стержней. Учеб. пособие / М.П. Львов, А.Г. Дибир. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2011. – 101 с.
<https://k102.khai.edu/ru/site/structural-mechanics1.html>
3. Интернет ресурс: <http://www.ansys.com/>.
4. Интернет ресурс: <http://www.cae-expert.ru/>
5. ANSYS Help