

## **Опір матеріалів (ПП.Н.02)**

**Спеціальність:** 015.20 Професійна освіта (Транспорт)

**Кафедра:** мостів, конструкцій і будівельної механіки

**Лектор:** старший. викладач, канд. техн. наук Ігнатенко Андрій Васильович

**Контактний тел.:** 057 707-37-22

**E-mail:** kmksm@ukr.net

**Семестр:** 3

**Форма навчання:** денна

**Електронний курс-ресурс** (за наявності):

**Особливості курсу:** курсова робота

**Обсяг курсу:** 5 кредити ЄКТС (150 годин), в тому числі лекції – 16 год., практичні заняття – 16 год., курсова робота – 3 год. на 1 студента, самостійна робота студента – 83 год.

### **Результати навчання:**

– *знати:*

- класифікацію основних форм конструктивних елементів;
- види простих деформацій та їх комбінація;
- механічні властивості матеріалів;
- геометричні характеристики плоских перерізів;
- класифікацію зовнішніх та внутрішніх сил;
- основи теорії напруженого й деформованого стану тіла;
- критерії міцності;
- загальні теорії про пружні системи та методи визначення переміщень;
- методи розрахунку статично невизначених систем.

.

– *уміти:*

- виконувати розрахунки на міцність та жорсткість при різних видах деформацій і їх комбінаціях;
- виконувати розрахунки на стійкість;
- розраховувати статично невизначені системи;
- виконувати розрахунок на міцність при повторно-змінних та ударних навантаженнях;
- досліджувати механічні властивості матеріалів шляхом випробування.

**Відповідність програмних компетентностей освітньої компоненти:**

ЗК –2, ЗК – 9, ФК – 2, ФК – 17, ПРН – 12, ПРН – 15.

**Необхідні обов'язкові попередні та супутні навчальні дисципліни:**

**пререквізити:** вища математика, фізика, теоретична механіка.

**кореквізити:** Теорія механізмів і машин, деталі машин

**Короткий зміст навчальної програми:**

**Розділ 1.** Теоретичні основи, деформування та оцінки міцності твердих тіл

*Тема 1.* Основні поняття. Наука про опір матеріалів, її задачі і значення для будівельника. Об'єкти що вивчаються. Поняття про деформації. Основні гіпотези науки про опір матеріалів. Поняття про реальний об'єкт та його розрахункову схему. Типи опор. Зовнішні сили, визначення та класифікація їх.

*Тема 2.* Внутрішні сили. Метод перерізів. Внутрішні силові фактори, визначення, правило знаків. Епюри внутрішніх зусиль. Диференціальні залежності при згині. Використання їх для побудови та контролю епюр внутрішніх зусиль в балках. Особливості побудови епюр внутрішніх зусиль в рамах та криволінійних стержнях. Поняття про напруження. Повне, нормальне та дотичне напруження. Деформації лінійні та кутові. Види простих деформацій.

*Тема 3.* Розтяг або стиск. Механічні характеристики матеріалів. Визначення. Розрахунки на міцність та жорсткість. Абсолютні та відносні деформації. Коефіцієнт Пуассона. Напруження при розтягу або стиску. Закон Гука. Модуль пружності 1-го роду (модуль Юнга). Дослідне вивчення властивостей матеріалів при розтягу - стиску. Діаграма розтягу сталі. Характеристики міцності та пластичності. Поняття про крихкі та пластичні матеріали. Напруження у поперечних перерізах. Допустимі напруження. Коефіцієнт запасу міцності. Розрахунок на міцність при розтягу або стиску: за допустимими напруженнями, методом руйнуючих навантажень, методом граничних станів. Розрахунки на міцність з урахуванням власної ваги. Стержень однакового опору. Поняття про концентрацію напружень. Теоретичний та ефективний коефіцієнт концентрації напружень. Способи зниження коефіцієнта концентрації напружень. Розрахунок на жорсткість при розтягу або стику.

**Розділ 2.** Геометричні характеристики перерізів стержня, його напружено-деформований стан.

*Тема 4.* Геометричні характеристики плоских перерізів. Статичні моменти площі. Центр ваги. Моменти інерції плоских перерізів: осьовий, полярний і відцентровий. Моменти інерції плоских перерізів: осьовий, полярний і відцентровий. Визначення геометричних характеристик плоских перерізів: прямокутник, трикутник та круг. Момент інерції складних перерізів. Змінення моментів інерції при паралельному переносі та повороті осей інерції. Головні осі інерції і головні моменти інерції. Порядок визначення положення головних осей інерції та визначення головних моментів інерції складних перерізів. Поняття про радіус інерції та момент пору перерізу.

*Тема 5.* Теорія напруженого стану. Поняття про напружений стан в точці. Напруження, що діють на координатних площадках. Тензор напружень. Закон парності дотичних напружень. Окремі випадки напруженого стану тіла: лінійний, плоский, об'ємний. Лінійний напружений стан (ЛНС), напруження на похилій площадці, деформації. Плоский напружений стан (ПНС). Напруження на похилих та взаємно перпендикулярних площадках. Інваріанти напружень.

Деформації при ПНС. Пряма та зворотна задачі теорії напруженого стану. Об'ємний напружений стан (ОНС). Визначення нормальних та дотичних напружень на довільній похилій площадці. Узагальнений закон Гука. Об'ємна деформація та об'ємний модуль пружності. Потенціальна енергія.

*Тема 6.* Теорія міцності. Призначення та розвиток теорій міцності. Необхідність використання їх для оцінки міцності матеріалу, який знаходиться в плоскому та об'ємному напруженому стані. Теорія найбільших нормальних напружень (перша). Теорія найбільших лінійних деформацій (друга). Теорія найбільших дотичних напружень (третья). Теорія енергії формозміни (четверта). Теорія міцності Мора.

### **Розділ 3.** Оцінка міцності та жорсткості стержнів

*Тема 7.* Згин. Прямий чистий згин. Гіпотеза плоских перерізів. Формула для визначення нормальних напружень. Епюра розподілу нормальних напружень по висоті перерізу балки. Формула для визначення максимальних напружень. Прямий поперечний згин. Розрахунки балок на міцність за нормальними напруженнями. Раціональні перерізи елементів, які працюють на згин. Формула Журавського для визначення дотичних напружень. Розподіл дотичних напружень за висотою балки у випадку прямокутного, круглого та інших поперечних перерізів. Розрахунок балок за дотичними напруженнями. Розрахунок балок за головними напруженнями при згині. Порядок розрахунку балок на міцність за першим граничним станом – втрати несучої спроможності. Концентрація напружень при згині. Поняття про траєкторію головних напружень. Переміщення при згині. Точне та спрощене диференціальне рівняння зігнутої осі балки. Спосіб безпосереднього інтегрування. Метод початкових параметрів. Універсальне рівняння пружної лінії. Розрахунки на жорсткість за другим граничним станом – непридатність до нормальної експлуатації. Про розрахунок складених балок. Дотичні напруження при згині балок тонкостінного профілю. Центр згину.

*Тема 8.* Зсув. Деформація зсуву. Абсолютний та відносний зсув. Чистий зсув. Закон Гука, модуль зсуву (модуль пружності II роду – фізична константа), зв'язок між пружними сталими ізотропного тіла. Допустимі напруження при розрахунку на зсув за різними теоріями міцності. Практичні розрахунки на зсув заклепкових, болтових та зварних з'єднань.

*Тема 9.* Кручення. Кручення стержня круглого поперечного перерізу. Визначення напружень й кутів закручування. Аналіз напруженого стану та руйнування при крученні. Розрахунок на міцність та жорсткість суцільних й трубчастих валів. Розрахунок на міцність за головними напруженнями. Кручення стержнів не круглого поперечного перерізу.

**Розділ 4.** Загальні методи визначення переміщень. Статично невизначені системи

*Тема 10.* Енергетичні методи визначення переміщень. Поняття про дійсну роботу. Узагальнена сила та узагальнено переміщення. Визначення дійсної роботи зовнішніх та внутрішніх сил. Поняття про можливу роботу. Можлива робота зовнішніх та внутрішніх сил. Принцип можливих переміщень, його використання до пружних лінійно-деформованих систем. Узагальнена формула Мора для визначення переміщень від дії зовнішнього навантаження. Порядок визначення переміщень за формулою Мора. Теореми про взаємність робіт та

взаємність переміщень. Особливості визначення переміщень в фермах, балках та рамах. Обчислення інтегралів Мора за Верещагіним. Послідовність визначення переміщень за Верещагіним. Визначення переміщень від дії температури.

*Тема 11.* Розрахунок статично невизначених систем, метод сил. Згин балок на пружній основі. Аналіз структури найпростіших стержневих систем. Поняття про ступінь свободи, зв'язки й степені статичної невизначеності. Формула для визначення степені статичної невизначеності. Метод сил. Поняття про задану, основну та еквівалентну системи. Канонічні рівняння метода сил. Визначення коефіцієнтів та вільних членів канонічних рівнянь. Побудова розрахункових епюр. Перевірка розрахунку за методом сил. Розрахунок нерозрізної балки. Вибір раціональної основної системи. Рівняння трьох моментів. Визначення фіктивних реакцій. Побудова сумарних епюр. Перевірки розрахунку: статична та деформативна. Згин балок на пружній основі. Моделі пружної основи, гіпотеза Вінклера. Диференціальне рівняння зігнутої осі балки, що лежить на Вінклеровій основі. Функції О.М. Крилова. Основні рівняння для визначення прогинів, кутів повороту, згинальних моментів і поперечних сил.

**Розділ 5.** Складний опір, поздовжньо-поперечний згин.

*Тема 12.* Розрахунки при складному опорі. Просторовий та косий згин. Визначення напружень й положення нейтральної лінії. Умова міцності. Визначення деформацій при косому згині. Згин з розтягом (стиском). Позацентровий стиск. Визначення напружень та положення нейтральної лінії. Визначення найбільш напружених точок в поперечному перерізі. Умова міцності. Поняття про ядро перерізу. Побудова ядра перерізу для найпростіших поперечних перерізів: прямокутник, круг.

*Тема 13.* Спільна дія згину та кручення. Визначення напружень в перерізах ламаного стержня круглого поперечного перерізу. Напружений стан стержня при згині з крученням. Умови міцності за різними теоріями міцності.

*Тема 14.* Стійкість стиснутих стержнів. Поняття про стійку та нестійку форми пружної рівновагі стиснутого стержня. Формула Ейлера для визначення критичної сили. Вплив умов закріплення кінців стержня на значення критичної сили. Границі застосування формул Ейлера. Формула Ясинського. Повний графік критичних напружень. Практичні методи розрахунку стиснутих стержнів на стійкість: перевірочний та проектувальний розрахунки. Аналіз критичних напружень. Розрахунок складених стиснутих стержнів на стійкість. Поняття про поздовжньо-поперечний згин. Наближений розрахунок, припущення. Послідовність розрахунку.

*Тема 15.* Розрахунки на міцність при ударних навантаженнях. Сили інерції. Принцип Даламбера. Удар. Деформації, які виникають при ударі, припущення теорії удару. Розрахунок на удар при осьової дії навантаження. Динамічний коефіцієнт. Визначення допустимих напружень та розрахунок на міцність при ударі. Поперечний згинний удар. Скрутний удар. Урахування маси тіла, яке випробовує удар. Механічні властивості матеріалів при ударі.

*Тема 16.* Розрахунки на міцність при повторно-змінних напруженнях. Поняття про втомлену міцність матеріалів. Напруження, яки циклічно змінюються за часом. Цикли змінення напружень. Коефіцієнт асиметрії циклу.

Границя витривалості сталі, її визначення експериментальним методом.  
Розрахунки на міцність будівельних конструкцій.

### **Рекомендована література:**

#### **Базова**

1. Сопротивление материалов /под редакцией Писаренко Г.С. – К.: Вища школа, 1986.- 775с.
2. Дарков А.В. Сопротивление материалов: Учебник.-М.:/А.В. Дарков, Г.С. Шпиро.- Вища школа, 1989.- 624с.
3. Чихладзе Е.Д. Опір матеріалів: Навчальний посібник./Е.Д.Чихладзе – Харків, УкрДАЗТ, 2002.-362с.
4. Ободовский Б.А. Сопротивление материалов в примерах и задачах: Учебное пособие. /Б.А. Ободовский, С.Е. Ханин – Харьков: Вища школа ХГУ, 1981.-344с.
5. Справочник по сопротивлению материалов/ Е.В.Винокуров, М.К.Баликин, И.А.Голубев.-МН: Наука и техника, 1988.-464с.

#### **Допоміжна**

6. Буланов В.В. Опір матеріалів (розділ «Статично визначувані системи»). – Конспект лекцій/ В.В. Буланов, О.Г. Дібір. – Харків: ХНАДУ, 2001. – 125с.
7. Буланов В.В. Опір матеріалів (розділ «Статично невизначувані системи»). – Конспект лекцій / В.В. Буланов, О.Г. Дібір. – Харків: ХНАДУ, 2003. – с.
8. Іщенко І.М. Розрахунково - проектувальні роботи з опору матеріалів (розділ «Статично визначені системи»): Навчальний посібник /І.М.Іщенко, О.Г.Кіслов, С.А.Біндюг, І.М. Лисяков. – Харків: ХНАДУ, 2002. – 98с.
9. Іщенко І.М. Розрахунково - проектувальні роботи з опору матеріалів. (розділ «Статично невизначені системи»). – Навчальний посібник /І.М.Іщенко, О.Г.Кіслов, С.А.Біндюг, І.М. Лисяков. – Харків: ХНАДУ, 2004. –180с.
10. Чихладзе Е.Д. Лабораторний практикум з опору матеріалів і будівельної механіки.- Навчальний посібник /Е.Д.Чихладзе, О.Г.Кіслов, Ю.П.Кітов.- Харків: ХНАДУ, 2008.-236с..

### **Методи і критерії оцінювання, вимоги:**

Методи і критерії оцінювання:

- поточний контроль: усне опитування, тестування, захист практичних занять (60 %);
- підсумковий контроль: захист розрахунково-графічної роботи, іспит (40 %).

Вимоги: до підсумкового контролю допускаються здобувачі, які успішно захистили лабораторні роботи і практичні заняття.