

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Декан факультету інженерії, транспорту та архітектури

Олег ПОЛІЩУК  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

01 вересня 2025 р.

## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### Системи інженерного аналізу

Назва дисципліни

**Галузь знань** – G Інженерія, виробництво та будівництво

**Спеціальність** – G9 Прикладна механіка

**Рівень вищої освіти** – Другий (магістерський)

**Освітньо-професійна програма** – Прикладна механіка

**Обсяг дисципліни** – 4 кредити ЄКТС, **Шифр дисципліни** – ОЗП.04.

**Мова навчання** – українська

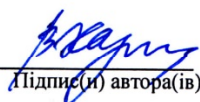
**Статус дисципліни:** обов'язкова (загальної підготовки)

**Факультет** – Інженерії, транспорту та архітектури

**Кафедра** – Технології машинобудування

| Форма здобуття освіти | Курс | Семестр | Загальний обсяг |        | Кількість годин   |        |                    |                   |                     |                               | Курсовий проект | Курсова робота | Форма семестрового контролю |       |
|-----------------------|------|---------|-----------------|--------|-------------------|--------|--------------------|-------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------|----------------|-----------------------------|-------|
|                       |      |         |                 |        | Аудиторні заняття |        |                    |                   |                     | Самостійна робота, у т.ч. ІРС |                 |                | Залік                       | Іспит |
|                       |      |         | Кредити ЄКТС    | Години | Разом             | Лекції | Лабораторні роботи | Практичні заняття | Семінарські заняття |                               |                 |                |                             |       |
| Д                     | 1    | 1       | 4               | 120    | 34                | 16     | 18                 |                   |                     | 86                            |                 |                | +                           |       |
| З                     | 1    | 1       | 4               | 120    | 8                 | 4      | 4                  |                   |                     | 112                           |                 |                | +                           |       |

Робоча програма складена на основі освітньої програми «Прикладна механіка» за спеціальністю G9 «Прикладна механіка»

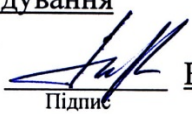
Робоча програма складена    
Підпис(и) автора(ів)

докт. техн. наук, проф. В'ячеслав ХАРЖЕВСЬКИЙ  
Науковий ступінь, вчене звання, Ім'я, ПРІЗВИЩЕ автора(ів)

Схвалена на засіданні кафедри Технології машинобудування

Протокол від 29 серпня 2025 № 1.

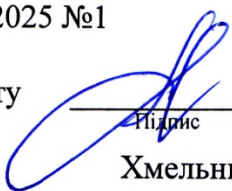
Зав. кафедри

  
Підпис

Віталій ТКАЧУК  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Робоча програма розглянута та схвалена вченою радою факультету інженерії, транспорту та архітектури, протокол 29.08.2025 №1

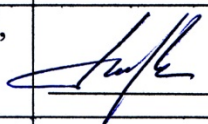
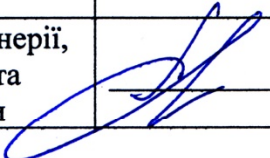
Голова вченої ради факультету

  
Підпис

Олег ПОЛІЩУК  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Хмельницький 2025

## 2 ЛИСТ ПОГОДЖЕННЯ

| Посада                                                               | Назва факультету                               | Підпис                                                                             | Ініціали, прізвище |
|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Гарант освітньо-професійної програми, канд. техн. наук, доц.         | Факультет інженерії, транспорту та архітектури |  | Віталій ТКАЧУК     |
| Завідувач кафедри технології машинобудування, канд. техн. наук, доц. | Факультет інженерії, транспорту та архітектури |  | Віталій ТКАЧУК     |
| Декан                                                                | Факультет інженерії, транспорту та архітектури |  | Олег ПОЛІЩУК       |

### 3 ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Навчальна дисципліна «Системи інженерного аналізу» є однією із обов'язкових освітніх компонентів загальної підготовки здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Прикладна механіка» спеціальності G9 «Прикладна механіка».

**Пререквізити** – вихідний компонент освітньої програми (КОП).

**Постреквізити** – ОФП.03 «Технології та устаткування ремонту машин (курсовий проєкт)», ОФП.07 «Переддипломна практика», ОФП.08 «Кваліфікаційна робота».

Відповідно до освітньої програми дисципліна має забезпечити:

– **компетентності**: Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми у прикладній механіці або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог (ІК); Здатність виявляти, ставити та вирішувати інженерно-технічні та науково-прикладні проблеми (ЗК1); Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології (ЗК2); Здатність розробляти проєкти та управляти ними (ЗК4); Здатність застосовувати відповідні методи і ресурси сучасної інженерії для знаходження оптимальних рішень широкого кола інженерних задач із застосуванням сучасних підходів, методів прогнозування, інформаційних технологій та з урахуванням наявних обмежень за умов неповної інформації та суперечливих вимог (ФК1); Здатність описати, класифікувати та змодельовати широке коло технічних об'єктів та процесів, що ґрунтується на глибокому знанні та розумінні теорій та практик механічної інженерії, а також знаннях суміжних наук (ФК2); Здатність знаходити оптимальні рішення при проєктуванні, виготовленні та ремонті машин використовуючи засоби інженерного аналізу та комп'ютерного моделювання у CAD/CAM/CAE системах (УК1).

– **програмні результати навчання**: Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання новітніх методів та методик проєктування, аналізу і дослідження конструкцій, машин та/або процесів в галузі машинобудування та суміжних галузях знань (ПРН.1); Розробляти і ставити на виробництво нові види продукції, зокрема виконувати дослідно-конструкторські роботи та/або розробляти технологічне забезпечення процесу їх виготовлення (ПРН.2); Застосовувати системи автоматизації для виконання досліджень, проєктно-конструкторських робіт, технологічної підготовки та інженерного аналізу в машинобудуванні (ПРН.3); Використовувати сучасні методи оптимізації параметрів технічних систем засобами системного аналізу, математичного та комп'ютерного моделювання, зокрема за умов неповної та суперечливої інформації (ПРН.4); Самостійно ставити та розв'язувати задачі інноваційного характеру, аргументувати і захищати отримані результати та прийняті рішення (ПРН.5); Розробляти управлінські та/або технологічні рішення за невизначених умов та вимог, оцінювати і порівнювати альтернативи, аналізувати ризики, прогнозувати можливі наслідки (ПРН.11); Вміти використовувати теоретичні знання і практичні навички пошуку оптимальних рішень при проєктуванні, виготовленні та ремонті машин засобами інженерного аналізу, імітаційного та комп'ютерного моделювання CAD/CAM/CAE системами (ПРН.12).

**Мета дисципліни.** Формування у здобувачів вищої освіти знань та умінь щодо практичного використання комп'ютерних систем автоматизації та реалізованих у них методів інженерного аналізу для оптимального проєктування машин та машинобудівних конструкцій на основі SOLIDWORKS Simulation.

**Предмет дисципліни.** Комп'ютерне моделювання технічних систем та інженерний аналіз міцності й жорсткості машин, механізмів і машинобудівних конструкцій у межах лінійного статичного аналізу.

**Завдання дисципліни.** Основними завданнями дисципліни є: вивчення принципів побудови та функціонування систем інженерного аналізу; опанування методів створення розрахункових моделей деталей машин та машинобудівних конструкцій; опанування методу скінченних елементів та його застосування для числового моделювання технічних об'єктів; набуття навичок виконання лінійного статичного аналізу та визначення напружень, деформацій, переміщень і коефіцієнтів запасу міцності; набуття навичок аналізу та інтерпретації результатів числового моделювання, а також виявлення помилок у розрахункових моделях; набуття навичок

порівняння конструктивних варіантів за результатами інженерного аналізу та обґрунтування вибору раціонального конструктивного рішення.

**Результати навчання.** В результаті вивчення дисципліни здобувач вищої освіти повинен *створювати* розрахункові моделі за допомогою системи інженерного аналізу SOLIDWORKS Simulation для моделювання в межах лінійного статичного аналізу, *застосовувати* інструменти комп'ютерного моделювання на основі методу скінченних елементів для аналізу напружено-деформованого стану деталей машин та машинобудівних конструкцій, *аналізувати* умови роботи та характер напружено-деформованого стану деталей у лінійній пружній зоні, а також *вміти* оцінити вплив геометрії на результати розрахунків на міцність та жорсткість, *проводити* інтерпретацію отриманих результатів моделювання та *виявляти* неточності, конструкторські помилки та неузгодженості в існуючих конструкціях деталей машин та вузлів, *порівнювати* різні сценарії та конструктивні рішення за рядом критеріїв оптимізації, *формулювати* висновки та приймати обґрунтовані рішення щодо оптимального варіанту з врахуванням вимог до конструкції.

#### 4 Структура залікових кредитів дисципліни

| Назва теми                                                                                                                                                                                          | Кількість годин, відведених на: |                    |           |              |                    |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------|-----------|--------------|--------------------|------------|
|                                                                                                                                                                                                     | Денна форма                     |                    |           | Заочна форма |                    |            |
|                                                                                                                                                                                                     | лекції                          | Лабораторні роботи | СРС       | лекції       | Лабораторні роботи | СРС        |
| <b>Тема 1.</b> Загальні поняття моделювання. Вивчення основних етапів у роботі з SOLIDWORKS Simulation.                                                                                             | 2                               | 2                  | 14        | 2            | 2                  | 18         |
| <b>Тема 2.</b> Алгоритми розрахунку систем, вузлів і деталей машин. Особливості розрахунку балок та статичний аналіз фермових конструкцій.                                                          | 2                               | 4                  | 18        |              |                    | 12         |
| <b>Тема 3.</b> Основні поняття методу скінченних елементів. Розрахунок болтових з'єднань у SOLIDWORKS Simulation.                                                                                   | 2                               | 2                  | 10        |              |                    | 12         |
| <b>Тема 4.</b> Застосування методу скінченних елементів для моделювання деталей машин. Проведення оптимізації конструкцій                                                                           | 2                               | 2                  | 10        |              |                    | 12         |
| <b>Тема 5.</b> Атрибути і класифікація скінченних елементів. Розрахунок оболонкових конструкцій та задання нерівномірного навантаження                                                              | 2                               | 2                  | 10        | 2            | 2                  | 12         |
| <b>Тема 6.</b> Основні поняття плоскої задачі теорії пружності. Особливості лінійного статичного аналізу зборок                                                                                     | 2                               | 2                  | 10        |              |                    | 19         |
| <b>Тема 7.</b> Формування і розв'язування глобальної системи скінченно-елементних рівнянь. Розрахунок зварних металоконструкцій та деталей з листового металу. Використання сценаріїв проєктування. | 4                               | 4                  | 14        |              |                    | 27         |
| <b>Разом:</b>                                                                                                                                                                                       | <b>16</b>                       | <b>18</b>          | <b>86</b> | <b>4</b>     | <b>4</b>           | <b>112</b> |

#### 5 Програма навчальної дисципліни

##### 5.1 Зміст лекційного курсу

| № лекції | Перелік тем лекцій, їх анотації                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | К-сть годин |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 1        | <b>Тема 1. Загальні поняття моделювання</b><br>Види моделей та моделювання. Функції моделей. Фактори, які впливають на модель об'єкта. Вивчення основних етапів у роботі з SOLIDWORKS Simulation. Розв'язання типових задач моделювання деталей машин та конструкцій в межах лінійного статичного аналізу.<br>Літ.: [3, с. 123–132; 6, с. 119–229] | 2           |

|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |           |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2             | <b>Тема 2. Алгоритми розрахунку систем, вузлів і деталей машин</b><br>Технології моделювання. Алгоритм побудови аналітичної моделі. Алгоритм побудови аналітичної та емпіричної моделей. Коротка характеристика основних етапів алгоритмів побудови аналітичних та емпіричних моделей. Етап виявлення суперечності та формулювання проблеми. Розв'язання типових задач моделювання: побудова епюр балок та статичний аналіз фермових конструкцій. Літ.: [3, с. 203–210; 5, с. 100–195; 7, с. 94–150, 3, с. 297–324; 5, с. 53–99].                                                                           | 2         |
| 3             | <b>Тема 3. Основні поняття методу скінченних елементів.</b> Основні кроки МСЕ. Ідеалізація. Явне і неявне моделювання. Дискретизація. Джерела помилки і апроксимація. Загальна схема алгоритму МСЕ. Розв'язання типових задач моделювання: розрахунок болтових з'єднань у SOLIDWORKS Simulation. Літ.: [3, с. 433–500; 7, с. 356–399].                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2         |
| 4             | <b>Тема 4. Застосування методу скінченних елементів для моделювання деталей машин.</b> Визначення методу скінчених елементів. Варіанти методу скінченних елементів. Процес скінченно- елементного аналізу. Переваги і недоліки МСЕ. Розв'язання типових задач моделювання: оптимізація конструкцій. Літ.: [3, с. 413–431; 7, с. 400–423].                                                                                                                                                                                                                                                                   | 2         |
| 5             | <b>Тема 5. Атрибути і класифікація скінченних елементів.</b><br>Атрибути елемента. Класифікація скінченних елементів, що використовуються у механіці. Ансамблювання. Граничні умови. Розв'язання типових задач моделювання: розрахунок оболонкових конструкцій та нерівномірного навантаження на прикладі задачі про аналіз резервуара для зберігання палива. Літ.: [5, с. 197–251; 7, с. 202–232].                                                                                                                                                                                                         | 2         |
| 6             | <b>Тема 6. Основні поняття плоскої задачі теорії пружності.</b> Математична модель і початкові дані. Шукані функції. Вирішуючі рівняння. Граничні умови. SOLIDWORKS Motion: дослідження руху складальних одиниць. Розв'язання типових задач моделювання: особливості лінійного статичного аналізу зборок. Літ.: [5, с. 289–306; 11, с. 207–232].                                                                                                                                                                                                                                                            | 2         |
| 7             | <b>Тема 7. Формування і розв'язування глобальної системи скінченно-елементних рівнянь.</b> Структура глобальної матриці жорсткості. Структура глобального вектора вузлових сил. Розв'язування глобальної системи скінченно-елементних рівнянь. Метод трикутної факторизації. Обчислення напружень. Розрахунок зварних та оболонкових металоконструкцій. Розв'язання типових задач моделювання на прикладі розрахунку деталі з листового металу, а також оцінювання конструкції велосипедної рами з використанням сценаріїв проектування. Літ.: [3, с. 79–98; 11, с. 187–191, 3, с. 123–132; 5, с. 253–306]. | 4         |
| <b>Разом:</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>16</b> |

**Перелік оглядових лекцій для здобувачів вищої освіти заочної форми здобуття освіти**

| Номер лекції  | Тема лекції                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | К-сть годин |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 1             | <b>Загальні поняття моделювання. Алгоритми розрахунку систем, вузлів і деталей машин. Основні поняття МСЕ та його застосування для моделювання деталей машин.</b><br>Літ.: [3, с. 123–132; 3, с. 203–210; 3, с. 297–324; 5, с. 53–195; 6, с. 119–229; 7, с. 94–150].                                                 | 2           |
| 2             | <b>Атрибути і класифікація скінченних елементів. Основні поняття плоскої задачі теорії пружності. Формування і розв'язування глобальної системи скінченно-елементних рівнянь.</b><br>Літ.: [5, с. 197–251; 7, с. 202–232; 5, с. 289–306; 11, с. 207–232; 3, с. 79–98; 11, с. 187–191, 3, с. 123–132; 5, с. 253–306]. | 2           |
| <b>Разом:</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>4</b>    |

## 5.2 Зміст лабораторних занять

### Перелік лабораторних занять для здобувачів вищої освіти *денної* форми

| № заняття     | Тема лабораторного заняття                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | К-сть год. |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 1             | <b>Лабораторна робота №1.</b> «Розв’язання комплексної інженерної задачі – проектування та розрахунок знімача для підшипників». Вивчення основних етапів у роботі з SOLIDWORKS Simulation. [1, с. 6-59; 3, с. 123–132; 6, с. 119–229].                                                                                                                                                       | 2          |
| 2             | <b>Лабораторна робота №2.</b> «Побудова епюр балки». Особливості розрахунку балок та виводу результатів у SOLIDWORKS Simulation з використанням скінченних елементів типу «beam». [1, с. 60-69; 3, с. 203–210; 5, с. 100–195; 7, с. 94–150].                                                                                                                                                 | 2          |
| 3             | <b>Лабораторна робота №3.</b> «Статичний аналіз фермових конструкцій». Особливості розрахунку ферм та виводу результатів у SOLIDWORKS Simulation з використанням скінченних елементів типу «truss». [1, с. 70-77; 3, с. 297–324; 5, с. 53–99].                                                                                                                                               | 2          |
| 4             | <b>Лабораторна робота №4.</b> «Розрахунок болтових з’єднань у SOLIDWORKS Simulation». Особливості використання елементів-конекторів. [1, с. 78-85; 3, с. 433–500; 7, с. 356–399].                                                                                                                                                                                                            | 2          |
| 5             | <b>Лабораторна робота №5.</b> «Оптимізація конструкції рукоятки». Організація оптимізаційних досліджень у SOLIDWORKS Simulation за результатами проведених інженерних розрахунків. [1, с. 86-91; 3, с. 413–431; 7, с. 400–423]                                                                                                                                                               | 2          |
| 6             | <b>Лабораторна робота №6.</b> «Статичний аналіз зборок». Особливості проведення розрахунків складальних одиниць на міцність та жорсткість. [1, с. 92-102; 5, с. 289–306; 11, с. 207–232].                                                                                                                                                                                                    | 2          |
| 7             | <b>Лабораторна робота №7.</b> «Аналіз резервуара для зберігання палива». Прикладання нерівномірного навантаження у SOLIDWORKS Simulation. [1, с. 103-110; 5, с. 197–251; 7, с. 202–232].                                                                                                                                                                                                     | 2          |
| 8             | <b>Лабораторна робота №8. Частина 1.</b> «Статичний аналіз деталі з листового металу». Особливості розрахунків оболонкових конструкцій у SOLIDWORKS Simulation. [1, с. 111-117; 3, с. 79–98; 11, с. 187–191].<br><b>Частина 2.</b> «Оцінювання конструкції велосипедної рами». Проведення розрахунків з використанням сценаріїв проектування. [1, с. 118-127; 3, с. 123–132; 5, с. 253–306]. | 4          |
| <b>Разом:</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>18</b>  |

### Перелік лабораторних занять для здобувачів вищої освіти *заочної* форми

| № з/п         | Тема лабораторного заняття                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | К-сть год. |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 1             | <b>Основні етапи у роботі з SOLIDWORKS Simulation. Особливості розрахунку балок, фермових конструкцій та використання елементів-конекторів. Організація оптимізаційних досліджень.</b><br>Літ.: [3, с. 123–132; 6, с. 119–229; 3, с. 203–210; 5, с. 100–195; 7, с. 94–150; 3, с. 297–324; 5, с. 53–99; 3, с. 433–500; 7, с. 356–399; 3, с. 413–431; 7, с. 400–423]. | 2          |
| 2             | <b>Розрахунок складальних одиниць на міцність та жорсткість. Прикладання нерівномірного навантаження. Оболонкові конструкції. Розрахунок зварних металоконструкцій з використанням сценаріїв проектування.</b><br>Літ.: [5, с. 289–306; 11, с. 207–232; 5, с. 197–251; 7, с. 202–232; 3, с. 79–98; 11, с. 187–191; 3, с. 123–132; 5, с. 253–306].                   | 2          |
| <b>Разом:</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>4</b>   |

### 5.3 Зміст самостійної (у т.ч. індивідуальної) роботи

Самостійна робота здобувачів усіх форм здобуття освіти полягає у систематичному опрацюванні програмного лекційного матеріалу з відповідних джерел інформації, підготовці до лабораторних занять та тестового контролю, тощо. Здобувачі заочної форми здобуття освіти виконують ще й контрольну роботу. Вимоги до її виконання та варіанти визначаються методичними рекомендаціями до виконання контрольних робіт, які кожний здобувач вищої освіти отримує у викладача у період настановної сесії. Крім цього до послуг здобувачів вищої освіти сторінка навчальної дисципліни у Модульному середовищі для навчання, де розміщені Робоча програма дисципліни та необхідні документи з її навчально-методичного забезпечення.

#### Зміст самостійної роботи студентів денної форми здобуття освіти

| Номер тижня | Вид самостійної роботи                                                              | К-сть годин |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 1           | Опрацювання теоретичного матеріалу з Теми Т1, підготовка до лабораторної роботи №1. | 7           |
| 2           | Опрацювання теоретичного матеріалу з Теми Т1.                                       | 7           |
| 3           | Опрацювання теоретичного матеріалу з Теми Т2, підготовка до лабораторної роботи №2. | 5           |
| 4           | Опрацювання теоретичного матеріалу з Теми Т2.                                       | 4           |
| 5           | Опрацювання теоретичного матеріалу з Теми Т2, підготовка до лабораторної роботи №3. | 5           |
| 6           | Опрацювання теоретичного матеріалу з Теми Т2.                                       | 4           |
| 7           | Опрацювання теоретичного матеріалу з Теми Т3, підготовка до лабораторної роботи №4. | 5           |
| 8           | Опрацювання теоретичного матеріалу з Теми Т3.                                       | 5           |
| 9           | Опрацювання теоретичного матеріалу з Теми Т4, підготовка до лабораторної роботи №5. | 5           |
| 10          | Опрацювання теоретичного матеріалу з Теми Т4.                                       | 5           |
| 11          | Опрацювання теоретичного матеріалу з Теми Т5, підготовка до лабораторної роботи №6. | 5           |
| 12          | Опрацювання теоретичного матеріалу з Теми Т5.                                       | 5           |
| 13          | Опрацювання теоретичного матеріалу з Теми Т6, підготовка до лабораторної роботи №7. | 5           |
| 14          | Опрацювання теоретичного матеріалу з Теми Т6.                                       | 5           |
| 15          | Опрацювання теоретичного матеріалу з Теми Т7, підготовка до лабораторної роботи №8. | 6           |
| 16          | Опрацювання теоретичного матеріалу з Теми Т7.                                       | 6           |
| 17          | Підготовка до тестового контролю.                                                   | 2           |
| Разом:      |                                                                                     | 86          |

На самостійне опрацювання здобувачів виносяться визначені у методичних рекомендаціях до лабораторних робіт питання з кожної теми. Керівництво самостійною роботою здійснюється викладачем згідно з розкладом консультацій у позаурочний час.

Вимоги до виконання контрольної роботи (для здобувачів вищої освіти заочної форми) викладені в Модульному середовищі для навчання на сторінці навчальної дисципліни.

### 6 Технології та методи навчання

Процес навчання з дисципліни ґрунтується на використанні традиційних та сучасних технологій та методів навчання, зокрема: лекції (з використанням методів проблемного та інтерактивного навчання і візуалізації); лабораторні заняття (розв'язування задач з використанням методів комп'ютерного моделювання, методів проєктної діяльності, аналіз проблемних ситуацій, пояснення, дискусія тощо), самостійна робота (робота над засвоєнням

теоретичного матеріалу, підготовка до захистів лабораторних робіт та тестового контролю тощо), з використанням інформаційно-комп'ютерних технологій.

## 7 Методи контролю

Поточний контроль здійснюється під час лабораторних занять, встановлених робочою програмою і графіком освітнього процесу.

При цьому використовуються такі методи поточного контролю:

- усне опитування;
- оцінювання роботи студента на лабораторних заняттях (участь у обговоренні та розв'язуванні прикладів задач з відповідних тем), а також захист лабораторних робіт (оцінювання виконаних індивідуальних робіт відповідно до варіанту, опитування з теоретичної частини);
- тестовий контроль.

При виведенні підсумкової семестрової оцінки враховуються результати поточного контролю, який проводиться з усього матеріалу дисципліни та складається з тестування за теоретичними питаннями та розв'язування практичних задач. Здобувач вищої освіти, який набрав з будь-якого виду навчальної роботи суму балів нижчу за 60 відсотків від максимального балу, вважається таким, який має академічну заборгованість. Ліквідація академічної заборгованості із семестрового контролю здійснюється за графіком, встановленим деканатом відповідно до «Положення про контроль і оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти у ХНУ».

## 8 Політика дисципліни

Політика навчальної дисципліни загалом визначається системою вимог до здобувача вищої освіти, що передбачені чинними положеннями Університету про організацію і навчально-методичне забезпечення освітнього процесу. Зокрема, проходження інструктажу з техніки безпеки; відвідування занять з дисципліни є обов'язковим. За об'єктивних причин (підтверджених документально) теоретичне навчання за погодженням із лектором може відбуватись в індивідуальному режимі. Успішне опанування дисципліни і формування фахових компетентностей і програмних результатів навчання передбачає необхідність підготовки до практичних занять (вивчення теоретичного матеріалу з теми, активно працювати на занятті, розв'язувати задачі, брати участь у дискусіях щодо прийнятих рішень при виконанні здобувачами задач).

Здобувачі вищої освіти зобов'язані дотримуватися термінів виконання усіх видів робіт у встановлені терміни, передбачені робочою програмою навчальної дисципліни. Пропущене лабораторне заняття здобувач зобов'язаний відпрацювати у встановлений викладачем термін, але не пізніше, ніж за два тижні до кінця теоретичних занять у семестрі.

Засвоєння здобувачем вищої освіти теоретичного матеріалу з дисципліни оцінюється за результатами опитування під час лабораторних занять, захисту виконаних лабораторних робіт, а також шляхом тестування з теоретичного матеріалу під час іспиту.

Здобувач вищої освіти, виконуючи самостійну роботу з дисципліни, має дотримуватися політики доброчесності: заборонені списування, підказки, плагіат, використання штучного інтелекту (без вірного цитування). У разі порушення політики академічної доброчесності в будь-яких видах навчальної роботи здобувач вищої освіти отримує незадовільну оцінку і має повторно виконати завдання з відповідної теми (виду роботи), що передбачені робочою програмою. Будь-які форми порушення академічної доброчесності під час вивчення навчальної дисципліни не допускаються та не толеруються.

У межах вивчення навчальної дисципліни здобувачам вищої освіти передбачено визнання і зарахування результатів навчання, набутих шляхом неформальної освіти, що розміщені на платформах **MySolidWorks** (<https://my.solidworks.com>), які сприяють формуванню компетентностей і поглибленню результатів навчання, визначених робочою програмою дисципліни (детальніше у Положенні про порядок визнання та зарахування результатів навчання здобувачів вищої освіти у ХНУ).

## 9 Оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти у семестрі

Оцінювання академічних досягнень здобувача вищої освіти здійснюється відповідно до «Положення про контроль і оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти у ХНУ». При поточному оцінюванні виконаної здобувачем роботи з кожної структурної одиниці і отриманих ним результатів викладач виставляє йому певну кількість балів із призначених робочою програмою для цього виду роботи. При цьому кожна структурна одиниця (робота) може бути зарахована, якщо здобувач набрав не менше 60 відсотків (мінімальний рівень для позитивної оцінки) від максимально можливої суми балів, що призначена структурній одиниці.

Будь-які форми порушення академічної доброчесності не допускаються та не толеруються.

Отриманий здобувачем бал за зарахований вид навчальної роботи (структурну одиницю) після її оцінювання викладач виставляє в електронному журналі обліку успішності здобувачів вищої освіти. За умови виконання усіх видів навчальної роботи за результатами поточного контролю протягом вивчення навчальної дисципліни, встановлених її Робочою програмою, здобувач денної форми здобуття освіти може отримати позитивну підсумкову оцінку, якщо за результатами поточного та підсумкового контролів набере від 60 до 100 балів. Семестрова підсумкова оцінка розраховується в автоматизованому режимі в інформаційній підсистемі «Електронний журнал» (ІС «Електронний університет») і відповідно до накопиченої суми балів визначається оцінка за інституційною шкалою та шкалою ЄКТС (див. таблицю Співвідношення...), яка заноситься в екзаменаційну відомість, а також до Індивідуального навчального плану здобувача вищої освіти.

### Структурування дисципліни за видами навчальної роботи і оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти *денної* форми

|                                                             |      |      |      |      |      |      |      |                   |                      |
|-------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------------------|----------------------|
| Аудиторна робота                                            |      |      |      |      |      |      |      | Контрольні заходи | Семестровий контроль |
| Лабораторні заняття<br>(мінімум – 8 контрольних точок)      |      |      |      |      |      |      |      | Тестовий контроль | Залік                |
| №1                                                          | №2   | №3   | №4   | №5   | №6   | №7   | №8   |                   |                      |
| Кількість балів за вид навчальної роботи (мінімум-максимум) |      |      |      |      |      |      |      |                   |                      |
| 6-10                                                        | 6-10 | 6-10 | 6-10 | 6-10 | 6-10 | 6-10 | 6-10 | 12-20             | Разом балів          |
| 48-80                                                       |      |      |      |      |      |      |      |                   | 60-100*              |

**Примітка:** \* За набрану з будь-якого виду навчальної роботи з дисципліни кількість балів, нижче встановленого мінімуму, здобувач отримує незадовільну оцінку і має її перездати у встановлений викладачем (деканом) термін. Інституційна оцінка встановлюється відповідно до таблиці «Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС».

### Структурування дисципліни за видами навчальної роботи і оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти *заочної* форми

| Аудиторна робота                                                   |       | Самостійна, індивідуальна робота |               | Контрольні заходи | Семестровий контроль |
|--------------------------------------------------------------------|-------|----------------------------------|---------------|-------------------|----------------------|
| Лабораторні заняття                                                |       | Контрольна робота                |               | Тестовий контроль | Залік                |
| №1                                                                 | №2    | Якість виконання                 | Захист роботи |                   |                      |
| Кількість балів за кожний вид навчальної роботи (мінімум-максимум) |       |                                  |               |                   |                      |
| 12-20                                                              | 12-20 | 18-30                            | 6-10          | 12-20             | Разом балів          |
| 24-40                                                              |       | 24-40                            |               |                   | 60-100               |

### Оцінювання якості виконання контрольної роботи здобувачів вищої освіти заочної форми

Контрольна робота передбачає виконання трьох практичних завдань, відповідно до варіанту. Зміст завдань наведено в методичних рекомендаціях у Модульному середовищі для навчання. Оформлення робіт, що виконуються за допомогою інструментів SOLIDWORKS, проводиться в автоматизованому режимі шляхом використання стандартного функціоналу з оформлення звітів з проведених розрахунків у Microsoft Word. При оцінюванні контрольної роботи враховуються якість її виконання (максимум – 30 балів) та захист (максимум – 10 балів), тобто якість виконання кожного завдання оцінюються максимально 10 балами, а загальна максимальна сума балів за всі три завдання – 30. Критерії оцінювання контрольної роботи:

**Таблиця – Розподіл балів між завданнями контрольної роботи здобувача вищої освіти**

| Види завдань          | Для кожного окремого виду завдань |                                           |                            |
|-----------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------|
|                       | Мінімальний (достатній) бал       | Потенційні позитивні бали* (середній бал) | Максимальний (високий) бал |
| Практичні завдання №1 | 6                                 | 8                                         | 10                         |
| Практичні завдання №2 | 6                                 | 8                                         | 10                         |
| Практичні завдання №3 | 6                                 | 8                                         | 10                         |
| <b>Всього балів</b>   | <b>18</b>                         | <b>24</b>                                 | <b>30</b>                  |

**Примітка.** \*Позитивний бал за контрольну роботу, відмінний від мінімального (18 балів) та максимального (30 балів), знаходиться в межах 19-29 балів та розраховується як сума балів за усі структурні елементи (завдання) контрольної роботи.

Кожне завдання контрольної роботи здобувача вищої освіти оцінюється з використанням нижченаведених у **Таблиці критеріїв оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти** (щодо визначення достатнього, середнього та високого рівня досягнення здобувачем запланованих ПРН та сформованих компетентностей).

### Оцінювання на лабораторних заняттях

Оцінка, яка виставляється за лабораторне заняття, складається з таких елементів: усне опитування здобувачів вищої освіти на знання теоретичного матеріалу з теми; вільне володіння здобувачем спеціальною термінологією і уміння професійно обґрунтувати прийняті рішення при розв'язуванні задач; оцінювання роботи здобувача на лабораторних заняттях та виконаних індивідуальних робіт відповідно до варіанту; захист лабораторних робіт.

При оцінюванні результатів навчання здобувачів вищої освіти на лабораторних заняттях викладач користується наведеними нижче критеріями:

**Таблиця – Критерії оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти**

| Оцінка та рівень досягнення здобувачем запланованих ПРН та сформованих компетентностей | Узагальнений зміст критерія оцінювання                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Відмінно (високий)                                                                     | Здобувач вищої освіти глибоко і у повному обсязі опанував зміст навчального матеріалу, легко в ньому орієнтується і вміло використовує понятійний апарат; уміє пов'язувати теорію з практикою, вирішувати практичні завдання, впевнено висловлювати і обґрунтовувати свої судження. Відмінна оцінка передбачає логічний виклад відповіді мовою викладання (в усній або у письмовій формі), демонструє теоретичні знання та практичні уміння в застосуванні методів комп'ютерного моделювання та аналізу, що реалізовані у системі інженерного аналізу SOLIDWORKS Simulation, з врахуванням якісного оформлення звітів з оформлення |

|                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                            | розв'язків інженерно-наукових задач. Здобувач не вагається при видозміні запитання, вміє робити детальні та узагальнюючі висновки, демонструє практичні навички з вирішення фахових завдань. При відповіді допустив дві–три несуттєві <i>похибки</i> .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Добре (середній)           | Здобувач вищої освіти виявив повне засвоєння навчального матеріалу, володіє понятійним апаратом, орієнтується у вивченому матеріалі; свідомо використовує теоретичні знання для вирішення практичних задач; виклад відповіді грамотний, але у змісті і формі відповіді можуть мати місце окремі неточності, нечіткі формулювання правил, закономірностей тощо. Відповідь здобувача вищої освіти будується на основі самостійного мислення. Здобувач вищої освіти у відповіді допустив дві–три <i>несуттєві помилки</i> .                                                                                                                                                                                                                              |
| Задовільно (достатній)     | Здобувач вищої освіти виявив знання основного програмного матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та практичної діяльності за професією, справляється з виконанням практичних завдань, передбачених програмою. Як правило, відповідь здобувача вищої освіти будується на рівні репродуктивного мислення, здобувач вищої освіти має слабкі знання структури навчальної дисципліни, допускає неточності і <i>суттєві помилки</i> у відповіді, вагається при відповіді на видозмінене запитання. Разом з тим, набув навичок, необхідних для виконання нескладних практичних завдань, які відповідають мінімальним критеріям оцінювання і володіє знаннями, що дозволяють йому під керівництвом викладача усунути неточності у відповіді. |
| Незадовільно (недостатній) | Здобувач вищої освіти виявив розрізнені, безсистемні знання, не вміє виділяти головне і другорядне, допускається помилок у визначенні понять, перекидає їх зміст, хаотично і невпевнено викладає матеріал, не може використовувати знання при вирішенні практичних завдань. Як правило, оцінка «незадовільно» виставляється здобувачеві вищої освіти, який не може продовжити навчання без додаткової роботи з вивчення навчальної дисципліни.                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

### Оцінювання результатів тестового контролю

Тест з теоретичної програми курсу, який передбачений робочою програмою для студентів денної форми навчання, складається із 25 тестових завдань. Максимальна сума балів, яку може набрати студент за результатами тестування, складає 20.

Відповідно до наведеної нижче таблиці структурування видів навчальних робіт, здобувач залежно від кількості правильних відповідей може отримати від 12 до 20 балів:

**Таблиця – Розподіл балів в залежності від наданих правильних відповідей на тестові завдання**

|                                 |      |       |       |        |
|---------------------------------|------|-------|-------|--------|
| Кількість правильних відповідей | 1–13 | 14–16 | 17–22 | 23–25  |
| Відсоток правильних відповідей  | 0-59 | 60-74 | 75-89 | 90-100 |
| Кількість балів                 | –    | 12    | 16    | 20     |

На тестування відводиться 25 хвилин. Правильні відповіді студент записує у талоні відповідей. Тестування проводиться в онлайн режимі у Модульному середовищі для навчання на сторінці навчальної дисципліни. Тестування здобувачів вищої освіти у Модульному середовищі для навчання автоматично оцінюються за критеріями, наведеними у таблиці вище. При отриманні негативної оцінки тест слід перездати у встановленому порядку.

### Оцінювання результатів семестрового контролю (залік)

Підсумкова семестрова оцінка за інституційною шкалою і шкалою ЄКТС визначається в автоматизованому режимі після внесення викладачем результатів оцінювання у балах з усіх видів навчальної роботи до електронного журналу. Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС наведені нижче у таблиці «*Співвідношення...*».

**Таблиця – Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС**

| Оцінка ЄКТС | Рейтингова шкала балів | Інституційна шкала (Опис рівня досягнення здобувачем вищої освіти запланованих результатів навчання з навчальної дисципліни) |                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             |                        | Залік                                                                                                                        | Іспит/диференційований залік                                                                                                                                                                                                  |
| A           | 90-100                 | Зараховано                                                                                                                   | <b>Відмінно/Excellent</b> – високий рівень досягнення запланованих результатів навчання з навчальної дисципліни, що свідчить про безумовну готовність здобувача до подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом |
| B           | 83-89                  |                                                                                                                              | <b>Добре/Good</b> – середній (максимально достатній) рівень досягнення запланованих результатів навчання з навчальної дисципліни та готовності до подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом                  |
| C           | 73-82                  |                                                                                                                              | <b>Задовільно/Satisfactory</b> – Наявні мінімально достатні для подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом результати навчання з навчальної дисципліни                                                        |
| D           | 66-72                  |                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                               |
| E           | 60-65                  |                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                               |
| FX          | 40-59                  | Незараховано                                                                                                                 | <b>Незадовільно/Fail</b> – Низка запланованих результатів навчання з навчальної дисципліни відсутня. Рівень набутих результатів навчання є недостатнім для подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом         |
| F           | 0-39                   |                                                                                                                              | <b>Незадовільно/Fail</b> – Результати навчання відсутні                                                                                                                                                                       |

Семестровий залік виставляється на останньому занятті за умови якщо загальна сума балів, яку накопичив здобувач з дисципліни за результатами *поточного* контролю, знаходиться у межах від 60 до 100 балів. При цьому за інституційною шкалою ставиться оцінка «*зараховано*», а за шкалою ЄКТС – буквене позначення оцінки, що відповідає набраній студентом сумі балів відповідно до таблиці «*Співвідношення...*». Присутність здобувача у цьому випадку не є обов'язковою.

### 10 Питання для самоконтролю результатів навчання

1. Призначення та переваги модулів скінченно-елементного аналізу в системах твердотілого проектування.
2. Як активувати SOLIDWORKS Simulation у системі автоматизованого проектування SOLIDWORKS?
3. Опишіть загальний порядок виконання дослідження у SOLIDWORKS Simulation.
4. Назвіть типи дослідження SOLIDWORKS Simulation.
5. Які результати отримують при розрахунках на міцність у SolidWorks Simulation?
6. Назвіть визначення таких основних понять: напруження, модуль пружності, межа текучості?
7. Які основні допущення, що приймаються в лінійному статичному аналізі методом скінченних елементів?
8. Чи можна в лінійному статичному аналізі врахувати ефект інерції та демпфування?
9. Які критерії відмов використовуються при проведенні розрахунків в SOLIDWORKS Simulation?
10. Що спричинить збільшення кількості елементів сітки для деталі в процесі проведення розрахунку на міцність?
11. Який тип скінченно-елементної сітки доцільно використовувати при проведенні розрахунків для елементів металоконструкцій – зварних деталей?
12. Який інструмент SOLIDWORKS Simulation слід використовувати для визначення значень результатів у певних місцях (вузлах) моделі за допомогою SOLIDWORKS Simulation?
13. Скільки поступальних ступенів вільності обмежується загалом для твердотілого

скінченного елемента (Solid)?

14. Чи будуть коректними результати розрахунку методом скінченних елементів для лінійного статичного аналізу, якщо розрахована величина переміщення буде перевищувати габаритні розміри деталі?
15. Скільки ступенів вільності обмежується для кожного вузла балочного скінченного елемента (Beam)?
16. Скільки вузлових точок потрібно, щоби розрахувати елемент фермової конструкції (truss)?
17. В чому різниця між способами закріплення Fixed та Immovable для елемента фермової конструкції?
18. Скільки ступенів вільності має в розрахунковій моделі кожний вузол фермової конструкції?
19. Чи є різниця між елементами балочних конструкцій (Beams) та елементами фермових конструкцій (Truss), тобто чи можна, наприклад, фермову конструкцію задати балочними елементами?
20. Чи можна засобами лінійного статичного аналізу розрахувати фермову конструкцію, на яку діє інерційне навантаження?
21. Які результати розрахунків доступні для болтового з'єднання?
22. Якщо модель не є повністю пружною, тобто у випадку зняття навантаження не повернеться у вихідне положення, чи можна коректно провести її розрахунок за допомогою лінійного статичного аналізу?
23. За яким критерієм розраховують крихкі матеріали, які по різному опираються розтягу та стиску та не мають на кривій деформації вираженого ділянки текучості.
24. Чи є можливість у SOLIDWORKS Simulation виділяти іншим кольором ті болтові з'єднання, які забезпечують нижчий коефіцієнт запасу міцності, ніж той, що заданий користувачем?
25. Чи є необхідність для складальних одиниць завантажувати з бібліотеки Toolbox кріпильні деталі (болти, гвинти, гайки), з метою проведення розрахунку таких різьбових з'єднань на міцність?
26. Як дослідження проектування дозволяє автоматизувати процес оптимізації конструкції?
27. Чи можна в оптимізаційному дослідженні проектування визначити понад одну мету?
28. Яким чином в SOLIDWORKS Simulation реалізована оптимізація параметрів моделей за допомогою дискретних змінних?
29. Які параметри сітки можна варіювати при створенні створюється сітка у SOLIDWORKS Simulation?
30. Чи можна використовувати різні типи матеріалів як параметр оптимізації у SOLIDWORKS Simulation?
31. Як зміниться величина переміщень під дією сили, якщо величину цієї сили збільшити вдвічі, якщо сітка при цьому не зміниться?
32. Чим циклічна симетрія при розрахунку деталей машин у SOLIDWORKS Simulation відрізняється від осесиметричної?
33. На яких критеріях відмов у SOLIDWORKS Simulation базується розрахунок коефіцієнта запасу міцності (FOS – Factor of Safety)?
34. Які критерії в SOLIDWORKS Simulation найкраще підходять для перевірки на міцність пластичних матеріалів?
35. Підчас проведення досліджень в SOLIDWORKS Simulation, чи можуть в процесі навантаження деталі змінюватись граничні умови – за величиною та напрямком?
36. Чи можна за допомогою SOLIDWORKS Simulation створити нерівномірний тиск сили на грань деталі, що визначається відповідними коефіцієнтами полінома другого порядку?
37. Чи можна епюри результатів, отриманих у SOLIDWORKS Simulation, представити у вигляді ліній або точок? Якщо така, то яким чином це реалізується.
38. Чи будуть ідентичними результати розрахунків оболонкових конструкцій, отримані для верхніх та нижніх поверхнях?
39. Чи є різниця між граничними умовами Fixed (зафіксований елемент) та нерухомий без переміщень (Immovable, no Translation) для твердотільних скінченних елементів (Solids)?
40. Які критерії в SOLIDWORKS Simulation найкраще підходять для перевірки на міцність

пластичних матеріалів?

41. Чи можна в SOLIDWORKS Simulation створити сітку моделі з комбінацією твердотільних, оболонкових і балкових елементів?
42. Які типи скінченних елементів можуть використовуватись для моделей, при створенні яких використовувались інструменти моделювання поверхнями?
43. Чи сітка оболонкових елементів для деталей з листового металу дійсно генерується на поверхні, що розташована в серединній поверхні оболонки?
44. Якщо вибрати декілька граней деталі і прикласти до них силу певну силу. Чи загальне навантаження на деталь буде дорівнювати величині цієї сили, чи таке навантаження буде прикладене на кожен грань?
45. Чи дозволяє наявність симетрії у деталі зменшити обсяг розрахунків методом скінченним елементів?
46. Яким є зв'язок між навантаженнями та викликану реакцією при проведенні розрахунків в межах лінійного статичного аналізу методом скінченних елементів?
47. Для чого використовується інструмент Probe (Зонд) у SOLIDWORKS Simulation?
48. Чи відрізняється конструкторська модель деталі, розроблена у SOLIDWORKS від моделі розрахункової, яка використовується для проведення інженерного аналізу? Якщо так, то яким чином?
49. Яким чином проводиться визначення змінних для сценаріїв проектування?
50. Чи можна в SOLIDWORKS Simulation створити сітку моделі з комбінацією твердотільних, оболонкових і балкових елементів?

## 11 Навчально-методичне забезпечення

Освітній процес з дисципліни «Методи проектування і розрахунку машин і конструкцій» повністю забезпечений необхідними навчально-методичними матеріалами, що розроблені автором курсу та які видані як в паперовому, так і в електронному вигляді і наявні в науковій бібліотеці Хмельницького національного університету, а також розміщені в Модульному середовищі для навчання MOODLE.

1. Навчальний курс «Системи інженерного аналізу» (автор курсу – Харжевський В.О.). <https://msn.khmnpu.edu.ua/course/view.php?id=6904>

2. Харжевський В.О. Системи інженерного аналізу : методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт здобувачами другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності G9 «Прикладна механіка». Хмельницький : ХНУ, 2025. 129 с.

## 12 Матеріально-технічне та програмне забезпечення дисципліни

Інформаційна та комп'ютерна підтримка: сучасні персональні комп'ютери для виконання лабораторних робіт з курсу та проектор у комп'ютерному класі. Необхідно наступне ліцензійне програмне забезпечення:

1) Dassault Systèmes SOLIDWORKS 2025 Education Edition (або новіша версія), яка включає систему інженерного аналізу **SOLIDWORKS Simulation**;

3) Пакет програм **Microsoft Office** (в безкоштовних аналогах не працює зв'язка з SOLIDWORKS, тому заміна не допускається), що включає програми **Word** (необхідний для формування звітів для SOLIDWORKS Simulation) та **Excel** (для параметризації машинобудівних конструкцій).

## 13 Рекомендована література:

### Основна

1. Харжевський В.О. Системи інженерного аналізу : методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт здобувачами другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності G9 «Прикладна механіка». Хмельницький : ХНУ, 2025. 129 с.

2. Карвацький А. Я. Метод скінченних елементів у задачах механіки суцільних середовищ. Лабораторний практикум з навчальної дисципліни: Навчальний посібник / А. Я. Карвацький. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 391 с.

3. Kurowski P. Engineering Analysis with SOLIDWORKS Simulation 2018 / P. Kurowski. CRC Press, 2018. – 600 p.

4. Howard W. Introduction to Solid Modeling Using SOLIDWORKS 2021 / W. Howard, J Musto: McGraw Hill, 2021. – 416 p.

#### Додаткова

5. Mustapha K. Practical Finite Element Simulations with SOLIDWORKS 2022: An illustrated guide to performing static analysis with SOLIDWORKS Simulation / K. Mustapha : Packt Publishing. 2022. 480 p.

6. Bethune J. Engineering Design and Graphics with SolidWorks 2023, 1st edition / J. Bethune, N. Brown : Pearson, 2023. – 252 p.

7. Kuang-Hua Chang. Motion Simulation and Mechanism Design with SOLIDWORKS Motion. SDC Publications, 2024. 224 p.

8. Howard W., Musto J. Introduction to Solid Modeling Using SOLIDWORKS 2022 [18 ed.]. McGraw Hill. – 432 p.

9. Nudehi S., Steffen J. Analysis of Machine Elements Using SOLIDWORKS Simulation 2024. SDC Publications. 2024. 558 p.

10. Shir R. Finite Elements Analysis Using SOLIDWORKS Simulation 2024. SDC Publications. 2024. 520 p.

11. SOLIDWORKS Simulation 2025. Довідкова система: математичні викладки, приклади, верифікаційні задачі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://help.solidworks.com/2025/english/solidworks/sldworks/idc\\_help\\_helptopics.htm](https://help.solidworks.com/2025/english/solidworks/sldworks/idc_help_helptopics.htm) (дата звернення: 28.08.2025).

12. Кушнірчук А., Ткачук В., Харжевський В. Дослідження міцнісних характеристик деталей отриманих за допомогою FDM друку із ABS та COPET пластику. Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». Луцьк, 2023, №76. С. 147-152. DOI 10.36910/775.24153966.2023.76.20

13. Кушнірчук А.С., Ткачук В.П., Каразей В.Д., Харжевський В.О., Марченко М.В. Використання SOLIDWORKS у прототипуванні аеродинамічного хвостового керма. Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки. 2023. №4 (323). С. 361–364. DOI: 10.31891/2307-5732-2023-323-4-361-364

14. Марченко М.В., Харжевський В.О., Ткачук В.П., Горященко С.Л. Використання системи інженерного аналізу SOLIDWORKS Motion для розв'язання задач кінематики та динаміки технічних систем. Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки. 2023. №5, т. 2 (325). С. 74–81. DOI: 10.31891/2307-5732-2023-325-5-74-81.

15. Харжевський А.В., Горященко С.Л., Харжевський В.О. Обґрунтування конструкції та параметрів коліс при проектуванні шасі роботизованої платформи засобами SOLIDWORKS Simulation // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – №6. Т.1. – 2022. С.254-261. DOI 10.31891/2307-5732-2022-315-6-255-262.

16. Харжевський, В., Божек, Р., Підгайчук, С. Оптимізаційне проектування зварних металоконструкцій з використанням SOLIDWORKS Simulation на прикладі складських стелажів”, Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки, Том 351, №3.1 (2025), С. 534–541. DOI:10.31891/2307-5732-2025-351-69.

#### 14 Інформаційні ресурси

1. Модульне середовище для навчання. URL : <https://msn.khmnu.edu.ua/>

2. Електронна бібліотека університету. URL: [http://lib.khmnu.edu.ua/asp/php\\_f/plage\\_lib.php](http://lib.khmnu.edu.ua/asp/php_f/plage_lib.php)

3. Репозитарій ХНУ. URL : <https://library.khmnu.edu.ua/>.

## СИСТЕМИ ІНЖЕНЕРНОГО АНАЛІЗУ

|                                                         |                                  |
|---------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Тип (статус) дисципліни                                 | Обов'язкова загальної підготовки |
| Рівень вищої освіти                                     | Другий (магістерський)           |
| Мова викладання                                         | Українська                       |
| Семестр                                                 | Перший                           |
| Кількість призначених кредитів ЄКТС                     | 4,0                              |
| Форми здобуття освіти, для яких викладається дисципліна | Очна (денна)/заочна              |

**Результати навчання.** В результаті вивчення дисципліни здобувач вищої освіти повинен *створювати* розрахункові моделі за допомогою системи інженерного аналізу SOLIDWORKS Simulation для проведення моделювання в межах лінійного статичного аналізу, *застосовувати* інструменти комп'ютерного моделювання на основі методу скінченних елементів для аналізу напружено-деформованого стану деталей машин та машинобудівних конструкцій, *аналізувати* умови роботи та характер напружено-деформованого стану деталей у лінійній пружній зоні, а також вміти оцінити вплив геометрії на результати розрахунків на міцність та жорсткість, *проводити* інтерпретацію отриманих результатів моделювання та *виявляти* неточності, конструкторські помилки та неузгодженості в існуючих конструкціях деталей машин та вузлів, *порівнювати* різні сценарії та конструктивні рішення за рядом критеріїв оптимізації, *формулювати* висновки та приймати обґрунтовані рішення щодо оптимального варіанту з врахуванням вимог до конструкції.

**Зміст навчальної дисципліни.** Розрахунок, оцінка та оптимізація деталей машин, складальних одиниць та машинобудівних конструкцій у SOLIDWORKS Simulation. Дослідження проєктів відносно змінних параметрів. Розрахунок з використанням різних типів скінченних елементів. Вивчення основних етапів у роботі з SOLIDWORKS Simulation. Розв'язання типових задач моделювання в межах лінійного статичного аналізу. Особливості розрахунку балок та виводу результатів з використанням скінченних елементів типу «beam». Особливості розрахунку ферм та отримання результатів з використанням скінченних елементів типу «truss». Розрахунок болтових з'єднань, використання елементів-конекторів. Організація оптимізаційних досліджень у SOLIDWORKS Simulation за результатами проведених інженерних розрахунків. Статичний аналіз зборок: проведення розрахунків на міцність та жорсткість, визначення коефіцієнта запасу міцності Аналіз тонкостінних резервуарів, особливості прикладання нерівномірного навантаження. Статичний аналіз деталей з листового металу, особливості розрахунків оболонкових конструкцій. Розрахунок зварних металоконструкцій, в т.ч. з використанням сценаріїв проєктування.

**Пререквізити** – вихідний компонент освітньої програми.

**Постреквізити** – ОФП.03 «Технології та устаткування ремонту машин (курсний проєкт)», ОФП.07 «Переддипломна практика», ОФП.08 «Кваліфікаційна робота».

**Запланована навчальна діяльність.\*** Мінімальний обсяг навчальних занять в одному кредиті ЄКТС навчальної дисципліни для другого (магістерського) рівня вищої освіти за денною формою здобуття освіти становить 8 годин; для заочної форми – 2–3 години на 1 кредит ЄКТС.

**Форми (методи) здобуття освіти:** лекції (з використанням методів проблемного та інтерактивного навчання і візуалізації); лабораторні заняття (розв'язування задач з використанням методів комп'ютерного моделювання, методів проєктної діяльності, аналіз проблемних ситуацій, пояснення, дискусія тощо), самостійна робота (робота над засвоєнням теоретичного матеріалу, підготовка до захистів лабораторних робіт та тестового контролю тощо), з використанням інформаційно-комп'ютерних технологій.

**Форми оцінювання результатів навчання:** усне опитування, тестовий контроль, захист лабораторних робіт.

**Вид семестрового контролю:** залік.

**Навчальні ресурси:**

1. Харжевський В.О. Системи інженерного аналізу : методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт здобувачами другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності G9 «Прикладна механіка». Хмельницький : ХНУ, 2025. 129 с.
  2. Карвацький А. Я. Метод скінченних елементів у задачах механіки суцільних середовищ. Лабораторний практикум з навчальної дисципліни: Навчальний посібник / А. Я. Карвацький. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 391 с.
  3. Kurowski P. Engineering Analysis with SOLIDWORKS Simulation 2018 / P. Kurowski. CRC Press, 2018. – 600 p.
  4. Howard W. Introduction to Solid Modeling Using SOLIDWORKS 2021 / W. Howard, J Musto: McGraw Hill, 2021. – 416 p.
  5. Mustapha K. Practical Finite Element Simulations with SOLIDWORKS 2022: An illustrated guide to performing static analysis with SOLIDWORKS Simulation / K. Mustapha : Packt Publishing. 2022.480 p.
  6. Bethune J. Engineering Design and Graphics with SolidWorks 2023, 1st edition / J. Bethune, N. Brown: Pearson, 2023. – 252 p.
  7. Kuang-Hua Chang. Motion Simulation and Mechanism Design with SOLIDWORKS Motion. SDC Publications, 2024. 224 p.
  8. Howard W., Musto J. Introduction to Solid Modeling Using SOLIDWORKS 2022 [18 ed.]. McGraw Hill. – 432 p.
  9. Nudehi S., Steffen J. Analysis of Machine Elements Using SOLIDWORKS Simulation 2024. SDC Publications. 2024. 558 p.
  10. Shir R. Finite Elements Analysis Using SOLIDWORKS Simulation 2024. SDC Publications. 2024. 520 p.
  11. SOLIDWORKS Simulation 2025. Довідкова система: математичні викладки, приклади, верифікаційні задачі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://help.solidworks.com/2025/english/solidworks/sldworks/idx\\_help\\_helptopics.htm](https://help.solidworks.com/2025/english/solidworks/sldworks/idx_help_helptopics.htm) (дата звернення: 28.08.2025).
  13. Модульне середовище. URL: <https://msn.khmnpu.edu.ua/>.
  14. Електронна бібліотека. URL: <http://library.khmnpu.edu.ua/>.
- Викладач:** докт. техн. наук, проф. Харжевський В.О.