

Міністерство освіти і науки України  
Львівський національний університет природокористування  
Факультет механіки, енергетики та інформаційних технологій  
Кафедра машинобудування



**СИЛАБУС**  
**НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**  
**«Інженерний аналіз в *SolidWorks Simulation*»**

ОП «\_\_\_\_\_»  
Спеціальність \_\_\_\_ «\_\_\_\_\_»  
ОС «Бакалавр»

**ВИКЛАДАЧ**



**Стукалець Ігор Геннадійович**

Електронна пошта:

[igorstukalets@gmail.com](mailto:igorstukalets@gmail.com)

[stukaletsig@lnup.edu.ua](mailto:stukaletsig@lnup.edu.ua)

Профіль у *Google Scholar*

<https://bit.ly/2FqNGHD>

Телефон

+38(097)493-64-24

В. о. доцента кафедри машинобудування Львівського національного університету природокористування, кандидат технічних наук. Викладач з 16-річним досвідом, має понад 90 публікацій, з них 57 наукових та 34 навчально-методичного характеру (в т. ч. у співавторстві 1 навчальний посібник, 1 підручник та 1 монографія), у тому числі 2 у періодичних виданнях, які включені до наукометричних баз *Scopus*; зокрема, 4 патенти України на винаходи та 4 патенти на корисні моделі.

Читає курси дисциплін:

- «Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка»;
- «Комп'ютерні системи інженерної графіки та 3D-моделювання»;
- «Основи інженерного аналізу технічних об'єктів».

Сфера наукових інтересів:

- сумісність процесів ремонту різних об'єктів у спільному потоці;
- сфери і засоби використання комп'ютерної графіки та систем автоматизованого проектування в інженерній діяльності.

## АНОТАЦІЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

У межах вивчення курсу дисципліни «Інженерний аналіз в *SolidWorks Simulation*» здобувачі вищої освіти формують загальні та спеціальні (фахові) компетентності.

Курс вивчення дисципліни «Інженерний аналіз в *SolidWorks Simulation*:

- вивчення теоретичних основ чисельних методів вирішення інженерних задач;
- формування умінь планувати віртуальний експеримент з дослідження виробів машинобудування, виконувати його з використанням прикладних програмних засобів та інтерпретувати отримані результати;
- формування навичок роботи з CAE-системою *SolidWorks* для вирішення інженерних задач міцності, теплообміну та динаміки потоків.

**Предмет вивчення дисципліни** – теоретичні основи та практичні аспекти використання САПР *SolidWorks* для інженерного аналізу технічних об'єктів у машинобудуванні відповідно до професійного (наукового) спрямування.

**Об'єкти вивчення дисципліни:**

- основні засади поняття чисельного інженерного аналізу. Метод скінченних елементів;
- постановка задачі: типи аналізу, граничні та початкові умови, характеристики матеріалів;
- ідеалізація геометричної моделі та побудова скінченно-елементної сітки;
- методи пошуку та оптимізації розв'язку;
- аналіз та обробка результатів.

В результаті вивчення дисципліни «Основи інженерного аналізу технічних об'єктів» студенти набувають навичок з побудови розрахункових моделей технічних об'єктів в рамках реального технічного завдання, процесу моделювання та обчислювання, отримання результатів, їх аналізу та інтерпретації в таких видах аналізу:

- статичний аналіз,
- частотні дослідження,
- дослідження на втомну міцність,
- аналіз ударного навантаження,
- термічні та гідрогазодинамічні дослідження.

Програма навчальної дисципліни складається з таких розділів (тем):

Тема 1. Основні поняття, методи та системи інженерного аналізу.

Тема 2. Система аналізу конструкцій *SolidWorks Simulation*.

Тема 3. Статичний аналіз в *SolidWorks Simulation*.

Тема 4. Частотні дослідження та аналіз ударного навантаження в *SolidWorks Simulation*.

Тема 5. Дослідження в *SolidWorks Simulation*.

Тема 6. Динамічний аналіз в *SolidWorks Simulation*.

Тема 7. Методи оптимізації в інженерних дослідженнях.

**Обсяг курсу:** 3 кредити (90 годин): 48 годин аудиторної роботи, 42 години самостійної роботи.

**Пререквізити курсу:**

- математика;
- фізика;
- нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка;
- матеріалознавство і ТКМ;
- інженерна механіка.

**Постреквізити курсу:**

- деталі машин;
- підйомно-транспортні машини і складське обладнання;
- проектування металоконструкцій в САПР *SolidWorks*;
- проектування та використання гідропневмоприводів;
- теорія розрахунку та проектування ПТБДММО;
- Комп'ютерний інжиніринг у с.-г. машинобудуванні.

**МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Мета дисципліни** – формування комплексу знань, умінь та навичок в області вирішення завдань інженерного аналізу виробів машинобудування за допомогою чисельного моделювання процесів їх функціонування на базі геометричних 3D моделей у скінченно-елементному поданні з використанням прикладних програмних пакетів (*CAE*-системи та модулів САПР *SolidWorks*).

**Основним завданням** вивчення дисципліни є набуття студентом наступних компетентностей:

*загальні:*

- здатність до абстрактного мислення;
- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- здатність генерувати нові ідеї (креативність);
- здатність проведення досліджень на певному рівні.

*спеціальні:*

- здатність застосовувати типові аналітичні методи та комп'ютерні програмні засоби для розв'язування інженерних завдань галузевого машинобудування, ефективні кількісні методи математики, фізики, інженерних наук, а також відповідне комп'ютерне програмне забезпечення для розв'язування інженерних задач галузевого машинобудування;
- здатність застосовувати фундаментальні наукові факти, концепції, теорії, принципи для розв'язування професійних задач і практичних проблем галузевого машинобудування;
- здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт;
- здатність втілювати інженерні розробки у галузевому машинобудуванні з урахуванням технічних, організаційних, правових, економічних та екологічних аспектів за усім життєвим циклом машини: від проектування, конструювання, експлуатації, підтримання працездатності, діагностики та утилізації.
- здатність застосовувати комп'ютеризовані системи проектування та спеціалізоване прикладне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань в галузі машинобудування.

- здатність приймати ефективні рішення щодо вибору конструкційних матеріалів, обладнання, процесів та поєднувати теорію і практику для розв'язування інженерного завдання.

### **Інформаційний обсяг навчальної дисципліни (зміст)**

#### **Тема 1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ, МЕТОДИ ТА СИСТЕМИ ІНЖЕНЕРНОГО АНАЛІЗУ.**

- 1.1. Вступ.
- 1.2. Методи дослідження працездатності виробу.
- 1.3. Системи інженерного аналізу (CAE).
- 1.4. Метод скінченних елементів (МСЕ).

#### **Тема 2. СИСТЕМА АНАЛІЗУ КОНСТРУКЦІЙ *SOLIDWORKS SIMULATION*.**

- 1.1. Типи досліджень в *SolidWorks Simulation*.
- 1.2. Властивості матеріалів, які використовуються в *SolidWorks Simulation*.
- 1.3. Навантаження і обмеження (кріплення).
- 1.4. Обчислювальні програми *SolidWorks Simulation*.

#### **Тема 3. СТАТИЧНИЙ АНАЛІЗ В *SOLIDWORKS SIMULATION*.**

- 3.1. Лінійний статичний аналіз.
- 3.2. Нелінійний статичний аналіз.

#### **Тема 4. ЧАСТОТНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ УДАРНОГО НАВАНТАЖЕННЯ В *SOLIDWORKS SIMULATION*.**

- 4.1. Частотні дослідження.
- 4.2. Аналіз ударного навантаження.

#### **Тема 5. ДОСЛІДЖЕННЯ В *SOLIDWORKS SIMULATION*.**

- 5.1. Термічні дослідження.
- 5.2. Дослідження втрати стійкості.
- 5.3. Аналіз втоми.

#### **Тема 6. ДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ В *SOLIDWORKS SIMULATION*.**

- 6.1. Лінійний динамічний аналіз.
- 6.2. Нелінійний динамічний аналіз.

#### **Тема 7. МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ В ІНЖЕНЕРНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ.**

- 7.1. Постановка задачі оптимізації та критерій оптимізації.
- 7.2. Однокритеріальна та багатокритеріальна оптимізація.
- 7.3. Параметри оптимізації. Цільова функція.

### **ОРГАНІЗАЦІЯ НАВЧАННЯ**

#### **Формат навчальної дисципліни**

Основними видами навчальних аудиторних занять, під час яких здобувачі вищої освіти отримують необхідні знання, є лекції, лабораторні заняття та консультації.

При викладанні лекційного матеріалу передбачено поєднання таких форм і методів навчання, як лекції-бесіди та лекції-візуалізації. Лекція-бесіда забезпечує безпосередній контакт викладача з аудиторією та дає змогу привернути увагу

здобувачів вищої освіти до найбільш важливих питань теми лекції, детермінувати у процесі діалогу особливості сприйняття навчального матеріалу здобувачами вищої освіти.

Лекція-візуалізація – візуальна форма подачі лекційного матеріалу з розгорнутим або коротким коментуванням візуальних матеріалів, що переглядають технічними засобами навчання або аудіо-відеотехніки. При проведенні практичних занять передбачено виконання індивідуальних графічних робіт.

Здобувачі вищої освіти працюють з друкованим інформативним матеріалом або з матеріалом мережі Інтернет, виконують усні та письмові завдання (контрольні питання або тести), виконують індивідуальні завдання на комп'ютерах у спеціалізованих програмних комплексах.

### Завдання для самостійного вивчення навчальної дисципліни

№ з/п	Назва теми
1.	Основні напрямки в розвитку <i>CAE</i>
2.	Матриця жорсткості
3.	Властивості матеріалів, що використовуються в <i>SolidWorks Simulation</i>
4.	Призначення навантажень і обмежень моделі за наявності симетрії
5.	Властивості матеріалу, навантаження і обмеження балкових конструкцій
6.	Добротність коливальної системи
7.	Вплив навантажень на частотний аналіз
8.	Матеріали, допустимі в дослідженні на ударну навантаження
9.	Температурна залежність коефіцієнта теплопровідності
10.	Стаціонарний і нестаціонарний режими теплообміну
11.	Потік і термічні дії в дослідженнях втрати стійкості
12.	Включення термічних впливів в дослідження втрати стійкості
13.	Включення ефектів тиску рідини в аналіз втрати стійкості
14.	Результати лінеаризованого аналізу втрати стійкості
15.	Прив'язка кривих <i>S-N</i> до матеріалу
16.	Інтерполяції між кривими <i>S-N</i>
17.	Теорія накопиченого пошкодження
18.	Метод підрахунку числа циклів <i>Rainflow</i>
19.	Лінійний динамічний у порівнянні з лінійним статичним аналізом
20.	Лінійний динамічний аналіз у порівнянні з нелінійним динамічним аналізом
21.	Демпферуючі ефекти
22.	Модальне демпферування
23.	Процедури розв'язку нелінійних задач
24.	Чисельні методи для розв'язку нелінійних задач
25.	Стандартна математична постановка задачі оптимізації

## План лекційних занять з дисципліни

№ з/п	Тема, питання, що вивчаються	К-сть аудит. годин	К-сть годин сам. робота
1	Тема 1. Основні поняття, методи та системи інженерного аналізу. 1.1. Вступ. 1.2. Методи дослідження працездатності виробу. 1.3. Системи інженерного аналізу (CAE). 1.4. Метод скінченних елементів (МСК).	4	6
2	Тема 2. Система аналізу конструкцій <i>SolidWorks Simulation</i> . 2.1. Типи досліджень в <i>SolidWorks Simulation</i> . 2.2. Властивості матеріалів, які використовуються в <i>solidworks simulation</i> . 2.3. Навантаження і обмеження (кріплення). 2.4. Обчислювальні програми <i>SolidWorks Simulation</i> .	2	6
3	Тема 3. Статичний аналіз в <i>SolidWorks Simulation</i> . 3.1. Лінійний статичний аналіз. 3.2. Нелінійний статичний аналіз.	2	6
4	Тема 4. Частотні дослідження та аналіз ударного навантаження в <i>SolidWorks Simulation</i> . 4.1. Частотні дослідження. 4.2. Аналіз ударного навантаження.	2	6
5	Тема 5. Дослідження в <i>SolidWorks Simulation</i> . 5.1. Термічні дослідження. 5.2. Дослідження втрати стійкості. 5.3. Аналіз втоми.	2	6
6	Тема 6. Динамічний аналіз в <i>SolidWorks Simulation</i> . 6.1. Лінійний динамічний аналіз. 6.2. Нелінійний динамічний аналіз.	2	6
7	Тема 7. Методи оптимізації в інженерних дослідженнях. 7.1. Постановка задачі оптимізації та критерій оптимізації. 7.2. Однокритеріальна та багатокритеріальна оптимізація. 7.3. Параметри оптимізації. Цільова функція.	2	6
	<b>УСЬОГО</b>	<b>16</b>	<b>42</b>

## План лабораторно-практичних занять з дисципліни

№ з/п	№ теми	Тема і короткий зміст заняття	К-ть годин	К-сть балів
1	2	3	4	5
1.	1	Ознайомлення з інтерфейсом та можливостями додатків для проведення інженерного аналізу в <i>SolidWorks</i> . Робота з моделями технічних виробів у середовищі <i>SolidWorks</i> . Підготовка тривимірних моделей до	8	26

		проведення досліджень.		
2.	2	Статичний аналіз балки: <ul style="list-style-type: none"> <li>• визначення запасу міцності;</li> <li>• визначення максимального напруження;</li> <li>• визначення деформації.</li> </ul> Підготовка тривимірної моделі кронштейна для аналізу.	4	12
3.	3	Статичне дослідження кронштейна: <ul style="list-style-type: none"> <li>• побудова епюрів напружень, переміщень, розподілу запасу міцності;</li> <li>• визначення мінімального значення коефіцієнта запасу міцності;</li> <li>• перевірка впливу щільності сітки моделі на результати досліджень.</li> </ul> Дослідження металоконструкцій. Статичний аналіз ферми: <ul style="list-style-type: none"> <li>• задання граничних умов;</li> <li>• аналіз результатів;</li> <li>• створення анімації.</li> </ul>	4	12
4.	4	Аналіз міцності пружини стиску. Аналіз розподілу напружень при дії сили на гайковий ключ.	4	12
5.	5	Аналіз зубчастої передачі на прикладі циліндричних зубчастих коліс у зачепленні. Аналіз впливу відцентрової сили і температури при статичному аналізі.	4	12
6.	6	Розрахунок на міцність карданного з'єднання. Топологічна оптимізація виробів на основі аналізу в <i>SolidWorks Simulation</i> .	4	12
7.	7	Гідродинамічне дослідження технічних об'єктів. Дослідження розподілу швидкостей і тиску в потоці рідини всередині та ззовні об'єкта. Газодинамічне дослідження технічних об'єктів. Аеродинамічне дослідження технічного об'єкта.	4	14
		Залік	-	-
		<b>Усього</b>	<b>32</b>	<b>100</b>

## РОЗПОДІЛ БАЛІВ, ЯКІ ОТРИМУЮТЬ СТУДЕНТИ

Поточне тестування та самостійна робота								Підсумковий тест (екзамен)	Сума
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	-	100
7	7	6	6	6	6	6	6		
T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16		
6	6	6	6	6	6	7	7		

T1, T2 ... Txx – теми занять

### ВІДПРАЦЮВАННЯ ПРОПУЩЕНИХ ЗАНЯТЬ

Відпрацювання пропущених занять із дисципліни «Основи інженерного аналізу технічних об'єктів» здійснюється згідно «Положення про порядок відпрацювання студентами Львівського національного університету природокористування пропущених лекційних, практичних, лабораторних та семінарських занять». Студент представляє конспект з пропущеної теми лекційного курсу та опрацьований лабораторний матеріал (звіт про виконання роботи) з відповідної теми. Самостійне вивчення навчальної дисципліни за вищевказаними темами передбачає також виконання задач з інженерного аналізу виробів, доповідей, презентацій (максимальна кількість балів – 5 за одну тему, але не більше 10 балів за весь курс дисципліни).

Форма підсумкового контролю успішності навчання – залік.

### КРИТЕРІЇ ПОТОЧНОГО ОЦІНЮВАННЯ

Оцінювання студента здійснюється згідно «Положення про критерії оцінювання знань та вмінь студентів Львівського національного університету природокористування». Поточне оцінювання здійснюється за кожним завданням в межах розділів. Оцінюються і завдання, виконувані в аудиторії, і завдання, виконувані під час самостійної роботи. Протягом вивчення дисципліни здійснюється самоконтроль. Загальні критерії оцінок: «відмінно» – здобувач вищої освіти виявив всебічні, систематичні та глибокі знання навчального матеріалу дисципліни, передбаченого програмою; опрацював основну та додаткову літературу, рекомендовану програмою; проявив творчі здібності у розумінні, логічному, стислому та ясному трактуванні навчального матеріалу; засвоїв взаємозв'язок основних понять дисципліни, їх значення для подальшої професійної діяльності. «добре» – здобувач вищої освіти виявив систематичні та глибокі знання вище середнього рівня навчального матеріалу дисципліни; продемонстрував уміння легко виконувати завдання, передбачені програмою; опрацював літературу, рекомендовану програмою; засвоїв взаємозв'язок основних понять дисципліни, їх значення для подальшої професійної діяльності. «задовільно» – здобувач вищої освіти виявив знання навчального матеріалу дисципліни в обсязі, необхідному для подальшого навчання та майбутньої професійної діяльності; виконав завдання, передбачені програмою; ознайомився з основною літературою, що зазначена у програмі. «незадовільно» – здобувач вищої



освіти не має знань зі значної частини навчального матеріалу; припускає принципові помилки при виконанні більшості передбачених програмою завдань.

## МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ТА ОЦІНЮВАННЯ

**1. Усне опитування** (індивідуальне, детальний аналіз відповідей студентів).

**2. Письмова аудиторна та поза аудиторна перевірка** (розв'язування задач і прикладів, виконання схем, підготовка різних відповідей, рефератів, контрольні роботи (з конкретних питань тощо)).

**3. Практична перевірка** (виконання практичної роботи, аналіз виробничої інформації, розв'язання професійних завдань і т. д.).

**4. Стандартизований контроль:** залік (можливе проведення у дистанційній формі) за підсумками поточного контролю знань.

**Види контролю:** поточний контроль, проміжна та семестрова атестація.

## Рекомендована література

### Базова

1. Стукалець І. Г. Основи інженерного аналізу технічних об'єктів. Курс лекцій для студентів інженерних спеціальностей. Львів : ЛНУП, 2022. – 109 с.

### Допоміжна

1. An Introduction to Flow Analysis Applications with SolidWorks Flow Simulation, Student Guide : Dassault Systèmes SolidWorks Corporation, 2013. – 19 p.
2. Kurowski Paul M., Eng P. Engineering Analysis with SolidWorks Simulation 2018. – SDC Publications, 2018. – 597 p.

### Інформаційні ресурси

1. Бібліотечно-інформаційні ресурси – книжковий фонд, періодика та фонди на електронних носіях бібліотеки ЛНУП, державних органів науково-технічної інформації, наукових, науково-технічних бібліотек та інших наукових бібліотек України.
2. Електронні інформаційні ресурси мережі інтернет з переліком сайтів:
  - 2.1. <https://www.solidworks.com>
  - 2.2. <https://my.solidworks.com>

## ПОЛІТИКА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ («ПРАВИЛА ГРИ») В АУДИТОРНИЙ ЧАС

Навчальна дисципліна передбачає колективну роботу. Студенти під час лекційних занять ведуть конспект із відповідної теми. Під час заняття або ж в кінці лектор ставить питання, веде діалог з аудиторією для кращого засвоєння теоретичного матеріалу. Середовище в аудиторії є дружнім, творчим, відкритим до конструктивної критики. Усі завдання, передбачені програмою, мають бути виконані у встановлений термін. Якщо здобувач вищої освіти відсутній з поважної причини, він/вона презентує виконані завдання під час самостійної підготовки та консультації викладача. Під час роботи над індивідуальними науково-дослідними завданнями та проектами не допустимо порушення академічної доброчесності.