

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Львівський національний університет імені Івана Франка  
Механіко-математичний факультет  
Кафедра механіки



**Затверджено**

На засіданні кафедри механіки  
Механіко-математичного факультету  
Львівського національного університету  
імені Івана Франка  
(протокол № 9 від 10.06 2021 р.)

В.о. завідувача кафедри Андрейків О.Є.

**Силабус з навчальної дисципліни  
«Комп'ютерне моделювання у виробничих процесах»,  
що викладається в межах ОПП (ОПН)  
«Теоретична та прикладна механіка»  
другого (магістерського) рівня вищої освіти для здобувачів з  
спеціальності 113 «Прикладна математика»**

Львів 2021

<b>Назва дисципліни</b>	Комп'ютерне моделювання у виробничих процесах
<b>Адреса викладання дисципліни</b>	вул. Університетська, 1, 79000, Львів
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	Механіко-математичний факультет Кафедра механіки
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	Галузь знань: 11 «Математика і статистика» Спеціальність: 113 «Прикладна математика»
<b>Викладачі дисципліни</b>	доц. Кузь І.С.
<b>Контактна інформація викладачів</b>	e-mail: <a href="mailto:ihorkuz24@gmail.com">ihorkuz24@gmail.com</a> сторінка викладача: <a href="http://new.mmf.lnu.edu.ua/employee/kuz-i-s">http://new.mmf.lnu.edu.ua/employee/kuz-i-s</a> <a href="http://prima.lnu.edu.ua/faculty/mechmat/Departments/Mechanics/lectures/e_Kuz.html">http://prima.lnu.edu.ua/faculty/mechmat/Departments/Mechanics/lectures/e_Kuz.html</a> Місцезнаходження: кафедра механіки (ауд. 148), деканат
<b>Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються</b>	Консультації в день проведення лекцій/практичних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі онлайн-консультації через Skype або подібні ресурси. Для погодження часу онлайн консультацій слід писати на електронну пошту викладача або дзвонити.
<b>Сторінка дисципліни</b>	<a href="https://new.mmf.lnu.edu.ua/course/computer-simulation-for-manufacturing-processes-educational-program-theoretical-and-applied-mechanics">https://new.mmf.lnu.edu.ua/course/computer-simulation-for-manufacturing-processes-educational-program-theoretical-and-applied-mechanics</a>
<b>Інформація про дисципліну</b>	Дисципліна «Комп'ютерне моделювання у виробничих процесах» є нормативною дисципліною зі спеціальності «Прикладна математика» для освітньої програми «Теоретична та прикладна механіка», яка викладається в 3 семестрі в обсязі 3 кредити (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS)
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	Навчальну дисципліну розроблено таким чином, щоб надати студентам необхідні знання, необхідні для моделювання реальних елементів конструкції та умов їх роботи із використанням системи для моделювання та аналізу ANSYS, що сприятиме підвищенню ефективності й простоти обчислень. Програма дозволяє вирішувати складні виробничі завдання та оптимізувати процес прийняття рішень щодо їх експлуатації. Тому у дисципліні представлено як загальний огляд програми та окремих її компонентів, так і більш детально розглянуто процес побудови моделі, її обрахунку та аналізу отриманих результатів для випадку статичних структур.
<b>Мета та цілі дисципліни</b>	Метою вивчення нормативної дисципліни «Комп'ютерне моделювання у виробничих процесах» є ознайомлення студентів з

	<p>системою для моделювання та аналізу ANSYS, що досягається шляхом вивчення етапів процесу моделювання, аналізу отриманих результатів та практичних прикладів моделювання роботи реальних елементів конструкції за заданих умов їх навантаження</p> <p>Набуті студентами вміння та навички будуть корисними при написанні дипломних робіт, проходженні обчислювальних практик, проведенні наукових досліджень та подальшій роботі у галузі інженерії.</p>
<b>Література для вивчення дисципліни</b>	<p style="text-align: center;"><i>Основна література</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Федорова Н.Н. Основы работы в ANSYS 17 / Н.Н. Федорова, С.А. Вальгер, М.Н. Данилов, Ю.В. Захарова // М.: ДМК Пресс, 2017. – 210 с.: ил.</li> <li>2. Lawrence K.L. ANSYS Workbench Tutorial Release 14 / Kent L. Lawrence // USA: SDC Publications, 2012. – 291 p.</li> <li>3. Huei-Huang Lee. Finite Element Simulations with ANSYS Workbench 19. Theory, Applications, Case Studies. Huei-Huang Lee // USA: SDC Publications, 2019. – 614 p.</li> <li>4. Lawrence K.L. ANSYS Tutorial Release 2020 / Kent L. Lawrence // USA: SDC Publications, 2020. – 192 p.</li> </ol> <p style="text-align: center;"><i>Додаткова література</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Офіційний сайт ANSYS. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <a href="https://www.ansys.com">https://www.ansys.com</a>.</li> <li>2. Денисов М.А. Автоматизированное проектирование в ANSYS и Компас 3-D / М.А. Денисов // Екатеринбург: УрФУ, 2015. – 264 с.</li> <li>3. Design Modeler User Guide. ANSYS, Inc. – USA. – 2012. – 548 p.</li> <li>4. University of Alberta – ANSYS Tutorials [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <a href="https://sites.ualberta.ca/~wmoussa/AnsysTutorial/">https://sites.ualberta.ca/~wmoussa/AnsysTutorial/</a>.</li> </ol>
<b>Обсяг курсу</b>	48 годин аудиторних занять. З них 16 годин лекцій, 32 години лабораторних робіт та 42 години самостійної роботи
<b>Очікувані результати навчання</b>	<p>Після завершення цього курсу студент буде:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- знати інтерфейс та властивості основних команд програми ANSYS Workbench та її модулів Design Modeler, ANSYS Mechanical; основні команди й структуру мови програмування APDL;</li> <li>- вміти моделювати роботу елементів конструкцій, будувати геометричну модель реальних об'єктів, створювати ескізи, дво- і тривимірні моделі; задавати властивості матеріалів, моделювати вплив зовнішнього навантаження, умов закріплення та контактів між елементами заданого об'єкта; проводити розрахунок моделі, аналізувати отримані результати з фізичної точки зору на відповідність їх реальним умовам роботи</li> </ul>
<b>Ключові слова</b>	ANSYS, математичне моделювання, метод скінченних елементів,

	геометрія моделі, накладання сітки, зовнішнє навантаження, контакт, крайові умови
<b>Формат курсу</b>	Очний
	Проведення лекцій, лабораторних робіт та консультацій.
<b>Теми</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Використання програмного забезпечення ANSYS для моделювання механічних процесів та систем.</li> <li>2. Побудова геометрії моделі.</li> <li>3. Побудова математичної моделі</li> <li>4. Накладання сітки</li> <li>5. Моделювання контактів та натягу болтів</li> <li>6. Моделювання крайових умов та зовнішнього навантаження</li> <li>7. Розрахунок моделі та аналіз результатів</li> <li>8. Застосування мови програмування APDL для побудови математичної моделі</li> </ol> <p>Детальнішу інформацію про теми надано у схемі курсу.</p>
<b>Підсумковий контроль, форма</b>	Залік в кінці семестру
<b>Пререквізити</b>	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з опору матеріалів, теоретичної механіки, інформатики на програмування, комп'ютерної механіки
<b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b>	Презентації, лекції, лабораторні роботи, проектно-орієнтоване навчання, індивідуальні та групові проекти.
<b>Необхідне обладнання</b>	Програма ANSYS Student
<b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b>	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- лабораторні роботи, самостійні: 49% семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 49.</li> <li>- індивідуальне завдання: 51% семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 51.</li> </ul> <p>Загалом протягом семестру 100 балів.</p> <p><i>Лабораторні роботи:</i> очікується, що студенти виконають 8 лабораторних робіт.</p> <p><i>Академічна доброчесність:</i> Очікується, що роботи студентів будуть їх оригінальними роботами та міркуваннями. Відсутність посилань на джерела, фабрикавання результатів, списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі студента є</p>

	<p>підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.</p> <p><i>Відвідання занять</i> є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і практичні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися усіх строків визначених для виконання усіх видів письмових робіт, передбачених курсом.</p> <p><i>Література:</i> Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p><i>Політика виставлення балів.</i> Враховуються бали, набрані протягом семестру, лабораторних роботах та бали підсумкового завдання. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час практичного заняття; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях, не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p>
<p><b>Питання до екзамену (чи питання на контрольні роботи)</b></p>	<p>Завдання для виконання індивідуальної роботи полягає у моделюванні роботи елемента конструкції згідно зі схемою, що відповідає варіанту студента, у програмі ANSYS Student.</p> <p>Для побудови геометрії моделі рекомендується використовувати Design Modeler.</p> <p>При розробці математичної моделі в ANSYS Workbench слід:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- оптимізувати розмір елементів для побудови точнішої сітки, особливо у зонах контактів (із врахуванням обмежень на кількість елементів для ANSYS Academic Teaching Introductory);</li> <li>- задати контакти між усіма окремими структурними елементами;</li> <li>- накласти відповідні крайові умови;</li> <li>- прикласти зовнішнє навантаження;</li> <li>- обчислити загальну деформацію та напруження у змодельованій системі.</li> </ul>
<p><b>Опитування</b></p>	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p>

### Схема курсу

Тиж.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)	Література. Ресурси в інтернеті	Завдання, год.	Термін виконання
1	<b>Тема 1. Вступ.</b> Необхідність програмного забезпечення для моделювання механічних процесів. Структура програмного комплексу ANSYS. Основні принципи розв'язання задач у Workbench.	лек.	[1-4]	2	1 тиждень
1	<b>Тема 1. Вступ</b> Використання програмного забезпечення ANSYS для моделювання механічних процесів та систем.	лаб.	[1-4]	4	1 тиждень
2	<b>Тема 2. Побудова геометрії</b> Способи побудови геометричних моделей. Інтерфейс Design Modeler. Побудова геометрії моделі. Створення ескізу. Побудова 2D і 3D-геометрії.	лек.	[1-4]	2	1 тиждень
2	<b>Тема 2. Побудова геометрії</b> Способи побудови геометричних моделей. Інтерфейс Design Modeler. Побудова геометрії моделі. Створення ескізу. Побудова 2D і 3D-геометрії.	лаб.	[1-4]	4	1 тиждень
3	<b>Тема 3. Побудова математичної моделі</b> Задання властивостей матеріалів у Engineering Data. Основи роботи та інтерфейс у Workbench Mechanical. Побудова розрахункової моделі.	лек.	[1-4]	2	1 тиждень
3	<b>Тема 3. Побудова математичної моделі</b> Задання властивостей матеріалів у Engineering Data. Основи роботи та інтерфейс у Workbench Mechanical. Побудова розрахункової моделі.	лаб.	[1-4]	4	1 тиждень
4	<b>Тема 4. Накладення сітки</b> Методи побудови сітки. Задання розміру елементів. Зміна глобальних та локальних параметрів сітки.	лек.	[1-4]	2	1 тиждень
4	<b>Тема 4. Накладення сітки</b> Методи побудови сітки. Задання розміру елементів.	лаб.	[1-4]	4	1 тиждень

	Зміна глобальних та локальних параметрів сітки.				
5	<b>Тема 5. <u>Моделювання контактів та притягання болтів</u></b> Типи контактів: зв'язний, без тертя, без розділення, з тертям, без проковзування. Автоматичний генератор контактів. Затягування болтів	лек.	[1-4]	2	1 тиждень
5	<b>Тема 5. <u>Моделювання контактів та притягання болтів</u></b> Типи контактів: зв'язний, без тертя, без розділення, з тертям, без проковзування. Автоматичний генератор контактів. Затягування болтів	лаб.	[1-4]	4	1 тиждень
6	<b>Тема 6. <u>Моделювання крайових умов та зовнішнього навантаження</u></b> Крайові умови: Fixed Support, Fixed Rotation, Elastic Support, Compression only Support, Frictionless Support, Displacement, Remote Displacement. Накладання зовнішнього навантаження: сил, тиску, гідростатичного тиску, прискорення земного тяжіння, прискорення.	лек.	[1-4]	2	1 тиждень
6	<b>Тема 6. <u>Моделювання крайових умов та зовнішнього навантаження</u></b> Крайові умови: Fixed Support, Fixed Rotation, Elastic Support, Compression only Support, Frictionless Support, Displacement, Remote Displacement. Накладання зовнішнього навантаження: сил, тиску, гідростатичного тиску, прискорення земного тяжіння, прискорення.	лаб.	[1-4]	4	1 тиждень
7	<b>Тема 7. <u>Розрахунок моделі</u></b> Проведення обчислень. Аналіз результатів. Пошук і виправлення можливих помилок побудови моделі	лек.	[1-4]	2	1 тиждень
7	<b>Тема 7. <u>Розрахунок моделі</u></b> Проведення обчислень. Аналіз результатів. Пошук і виправлення можливих помилок побудови моделі	лаб.	[1-4]	4	1 тиждень
8	<b>Тема 8. <u>Застосування APDL для побудови математичної</u></b>	лек.	[1-4]	2	1 тиждень

	<b>моделі</b> Основні команди. Структура програмного коду. Основи ANSYS Classic. Програмування контактів та зовнішнього навантаження. Запис математичної моделі із використанням команд APDL				
8	<b>Тема 8. Застосування APDL для побудови математичної моделі</b> Основні команди. Структура програмного коду. Основи ANSYS Classic. Програмування контактів та зовнішнього навантаження. Запис математичної моделі із використанням команд APDL	лаб.	[1-4]	4	1 тиждень
1-8	Виконання підсумкового індивідуального завдання	інд. завдання	[1-4]	42	8 тижнів
	Проведення заліку	залік	–	–	–