

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Львівський національний університет імені Івана Франка**  
**Факультет прикладної математики та інформатики**  
**Кафедра інформаційних систем**

**Затверджено**

На засіданні  
кафедри інформаційних систем  
факультету прикладної математики та  
інформатики  
Львівського національного університету  
імені Івана Франка  
(протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 2021 р.)

Завідувач кафедри Г.А. Шинкаренко

\_\_\_\_\_ 

**Силабус з навчальної дисципліни**  
**Методи комп'ютерних обчислень,**  
**що викладається в межах ОПП Комп'ютерні науки**  
**першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів з**  
**спеціальності 122 – комп'ютерні науки**

Львів 2021 р.

<b>Назва дисципліни</b>	Методи комп'ютерних обчислень
<b>Адреса викладання дисципліни</b>	Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка м. Львів, вул. Університетська 1
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	Факультет прикладної математики та інформатики Кафедра інформаційних систем (КІС)
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	12 – інформаційні технології 122 – комп'ютерні науки
<b>Викладачі дисципліни</b>	Шинкаренко Георгій Андрійович, професор КІС, Дреботій Роман Григорович, к.ф.-м.н., асистент КІС, Остапов Олександр Юрійович, асистент КІС, Стельмашук Віталій Володимирович, к.ф.-м.н., асистент КІС Василишин Богдан Богданович, асистент КІС
<b>Контактна інформація викладачів</b>	heorhiy.shynkarenko@lnu.edu.ua; <a href="https://ami.lnu.edu.ua/employee/shynkarenko">https://ami.lnu.edu.ua/employee/shynkarenko</a> ; oleksavdr.ostapov@lnu.edu.ua; <a href="https://ami.lnu.edu.ua/employee/ostapov">https://ami.lnu.edu.ua/employee/ostapov</a> ; roman.drebotiy@lnu.edu.ua; <a href="https://ami.lnu.edu.ua/employee/drebotiy">https://ami.lnu.edu.ua/employee/drebotiy</a> ; vitaliy.stelmashchuk@lnu.edu.ua; <a href="https://ami.lnu.edu.ua/employee/stelmashchuk">https://ami.lnu.edu.ua/employee/stelmashchuk</a> ; Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка м. Львів, вул. Університетська, 1, каб. 260.
<b>Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються</b>	Консультації в день проведення лекцій/лабораторних занять (за попередньою домовленістю) та згідно розкладу консультацій.
<b>Сторінка курсу</b>	<a href="https://ami.lnu.edu.ua/course/methods-of-computer-calculation-cs">https://ami.lnu.edu.ua/course/methods-of-computer-calculation-cs</a>
<b>Інформація про дисципліну</b>	Курс розроблено таким чином, щоб надати учасникам знання принципів скінченно-елементного аналізу, як необхідного інструменту у вигляді програмного забезпечення для наукових та інженерних обчислень. Тому у курсі представлено застосування методу скінченних елементів (МСЕ) до лінійних стаціонарних і нестаціонарних задач, а також задач на власні значення. Основну частину курсу займає розгляд практичних і теоретичних аспектів МСЕ та основ програмної реалізації його алгоритмів.
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	Дисципліна “Методи комп'ютерних обчислень” є нормативною дисципліною з спеціальності 122 – комп'ютерні науки для освітньої програми Комп'ютерні науки, яка викладається в 6-му семестрі в обсязі 4-ох кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
<b>Мета та цілі дисципліни</b>	Метою вивчення нормативної дисципліни “Методи комп'ютерних обчислень” є освоєння студентами теоретичних і практичних основ МСЕ та принципів розробки програмного забезпечення для їх реалізації на робочих станціях і кластерах.
<b>Література для вивчення дисципліни</b>	1. <i>Трушевський В.М., Шинкаренко Г.А., Щербина Н.М.</i> Метод скінченних елементів і штучні нейронні мережі. Теоретичні аспекти і застосування. Львів, Вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2014 – 396 с. 2. <i>Шинкаренко Г.А.</i> Проекційно-сіткові методи розв'язування початково-крайових задач. Київ, НМКВО, 1991. – 88 с.

	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. <i>Шинкаренко Г.А.</i> Основи екології: Математичні проблеми охорони довкілля. Львів, ЛНУ імені Івана Франка, 2006 – 80 с. <a href="https://ami.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2020/04/EcoMod.pdf">https://ami.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2020/04/EcoMod.pdf</a></li> <li>4. <i>Савула Я.Г.</i> Числовий аналіз задач математичної фізики варіаційними методами. Львів, Вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2004 – 221с.</li> <li>5. <i>Абрамов С., Ліпіна О., Шинкаренко Г., Ямелинець А.</i> Кусково-лінійні апроксимації h-адаптивного методу скінченних елементів для одновимірних крайових задач // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. прикл. матем. та інформ.–2006. Вип 11, с. 3-18</li> <li>6. <i>Brenner S.C., Scott L.R.</i> The Mathematical Theory of Finite Element Methods. Springer-Verlag New York Inc., 1994 – 294 pp.</li> <li>7. <i>Gockenbach M.S.</i> Understanding and Implementing the Finite Element Method. SIAM, 2006. – 380 pp.</li> <li>8. <i>Akin J. E.</i> Finite Element Analysis with Error Estimators. Elsevier, 2006. – 447pp.</li> <li>9. <i>Zienkiewicz O. C.</i> The Finite Element Method. Vol. 1: The Basis. Oxford: Butterworth &amp; Heinemann, 2002. - 688 p</li> <li>10. <a href="https://www.coursera.org/learn/finite-element-method/">https://www.coursera.org/learn/finite-element-method/</a></li> <li>11. <a href="https://freefem.org/">https://freefem.org/</a></li> <li>12. <a href="https://fem-code.com/">https://fem-code.com/</a></li> <li>13. <a href="http://www.scilab.org">Scilab   www.scilab.org</a></li> </ol>
<b>Обсяг курсу</b>	Загальний обсяг: 90 годин. Аудиторних занять: 64 год., з них 32 год. лекцій та 32 години лабораторних робіт. Самостійної роботи: 26 год.
<b>Очікувані результати навчання</b>	<p>Після завершення цього курсу студент буде :</p> <p>Знати:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Лінійні оператори і функціонали в гільбертових просторах;</li> <li>- Крайова та варіаційна задачі, головна та природна крайові умови</li> <li>- Простір допустимих функцій, білінійна і лінійна форми, неперервність, V-еліптичність;</li> <li>- Коректність варіаційної задачі, теорема Лакса-Мільграма-Вишика;</li> <li>- Задачу про мінімум квадратичного функціоналу, узагальнений розв’язок;</li> <li>- Апроксимації Рітца-Гальоркіна та методу скінченних елементів (МСЕ);</li> <li>- Базисні функції просторів апроксимацій МСЕ: Лагранжові, Ермітові одновимірні апроксимації. апроксимації на трикутниках, двовимірні ізопараметричні апроксимації, просторові апроксимації на тетраедрах та шестигранниках;</li> <li>- Інтерполяційні властивості апроксимацій МСЕ;</li> <li>- Методи обчислення та розв’язання систем рівнянь МСЕ;</li> <li>- Апріорні оцінки похибки та збіжність апроксимацій МСЕ, апостеріорні оцінки порядків збіжності апроксимацій МСЕ;</li> <li>- Початково-крайові та варіаційні задачі для параболічних рівнянь, рівняння балансу;</li> <li>- Напівдискретні апроксимації Гальоркіна для параболічних задач;</li> <li>- Однокрокові рекурентні схеми інтегрування в часі напівдискретизованих параболічних задач, їх стійкість та збіжність.</li> <li>- Початково-крайові та варіаційні задачі для гіперболічних рівнянь, рівняння балансу;</li> <li>- Напівдискретні апроксимації Гальоркіна для гіперболічних задач;</li> <li>- Однокрокові рекурентні схеми інтегрування в часі напівдискретизованих гіперболічних задач, їх стійкість та збіжність.</li> </ul> <p>Вміти:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Будувати схеми МСЕ для одновимірної задачі дифузії-адвекції-</li> </ul>

	<p>реакції;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Будувати схеми МСЕ для двовимірної задачі дифузії-адвекції-реакції;</li> <li>- Будувати ізопараметричні апроксимації МСЕ для еліптичних задач;</li> <li>- Будувати напівдискретні апроксимації для нестационарних задач;</li> <li>- Реалізовувати схеми МСЕ з використанням сучасних технологій та середовищ обчислень;</li> <li>- Аналізувати результати числових експериментів.</li> </ul>
<b>Ключові слова</b>	Варіаційні методи, МСЕ, програмна реалізація МСЕ
<b>Формат курсу</b>	<p>Очний, дистанційний</p> <p>Проведення лекцій, лабораторних робіт і консультацій.</p> <p>Ознайомлення з Internet курсами по МСЕ</p> <p>Open University courses:  <a href="https://www.open.edu/openlearn/science-maths-technology/introduction-finite-element-analysis/content-section-1">https://www.open.edu/openlearn/science-maths-technology/introduction-finite-element-analysis/content-section-1</a>  або eDX courses: High Performance Finite Element Modeling  <a href="https://www.edx.org/course/high-performance-finite-element-modeling?source=aw&amp;awc=6798_1587147662_7cb82852a251632f8bb9ad32b97285a1&amp;utm_source=aw&amp;utm_medium=affiliate_partner&amp;utm_content=text-link&amp;utm_term=301045_https%3A%2F%2Fwww.class-central.com%2F">https://www.edx.org/course/high-performance-finite-element-modeling?source=aw&amp;awc=6798_1587147662_7cb82852a251632f8bb9ad32b97285a1&amp;utm_source=aw&amp;utm_medium=affiliate_partner&amp;utm_content=text-link&amp;utm_term=301045_https%3A%2F%2Fwww.class-central.com%2F</a>  або COURSERA courses:  <a href="https://www.coursera.org/learn/finite-element-method/exam/sO3rZ/unit-2-quiz">https://www.coursera.org/learn/finite-element-method/exam/sO3rZ/unit-2-quiz</a></p>
<b>Теми</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вступ. Мета та завдання курсу. Організація курсу. Комп'ютерні CAD/CAM технології.</li> <li>2. Варіаційне формулювання крайової задачі в гільбертовому просторі. Варіаційне рівняння. Простір допустимих функцій. Головні та природні крайові умови. Узагальнений розв'язок крайової задачі. Задача мінімізації квадратичного функціоналу. Коректність варіаційної задачі.</li> <li>3. Метод Гальоркіна. Метод Рітца. Метод скінченних елементів</li> <li>4. Апроксимації на скінченних елементах. Апроксимації ермітового типу, апроксимації функціями-бульбашками.</li> <li>5. Апроксимації на трикутниках. Апроксимації на тетраедрах. Ізопараметричні апроксимації.</li> <li>6. Апріорна оцінка точності. Апріорна оцінка точності за Нітше.</li> <li>7. Крайові задачі для рівняння Пуассона. Схема МСЕ побудована на ізопараметричних апроксимаціях.</li> <li>8. Варіаційне формулювання параболічної задачі. Напівдискретні апроксимації Гальоркіна. Стійкість і збіжність напівдискретних апроксимацій. Дискретизація варіаційної задачі за часом.</li> <li>9. Проблеми програмної реалізації.</li> </ol>
<b>Підсумковий контроль, форма</b>	Підсумковий екзамен у кінці семестру
<b>Пререквізити</b>	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з :Чисельних методів; Програмування; Функціонального аналізу; Диференціальних рівнянь, достатніх для сприйняття категоріального апарату МСЕ

<p><b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b></p>	<p>Презентації, лекції Індивідуальні завдання Групові проекти, менторство</p>
<p><b>Необхідне обладнання</b></p>	<p>Комп'ютер із програмним забезпеченням Visual Studio 2017/2019, Internet доступ до обчислювального кластера, бажано, Wolfram Mathematica.</p>
<p><b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b></p>	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• індивідуальні завдання : 50% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 50;</li> <li>• колоквиуми: 40% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 40</li> <li>• ознайомлення з безкоштовними курсами по МСЕ в Internet з виконанням індивідуальних завдань: 15% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 15</li> <li>• екзамен: 10% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 10</li> </ul> <p>Підсумкова максимальна кількість балів 100.</p> <p><b>Письмові роботи:</b> Очікується, що студенти виконають дві письмові роботи (колоквиум з теорії і практики МСЕ) і звіти про виконання проектів.</p> <p><b>Академічна доброчесність:</b> Очікується, що роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.</p> <p><b>Відвідання занять</b> є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідують усі лекції та практичні заняття курсу. Студенти повинні інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися термінів визначених для виконання всіх видів письмових робіт та індивідуальних завдань, передбачених курсом.</p> <p><b>Література.</b> 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 іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p><b>Політика виставлення балів.</b> Враховуються бали набрані при поточному тестуванні, самостійній роботі та бали підсумкового тестування. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час лабораторного 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 тощо.</p> <p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p>
<p><b>Питання до заліку чи екзамену.</b></p>	<p>Крайова та початково-крайова задачі. Варіаційне формулювання крайової задачі. Коректно сформульована варіаційна задача. Теорема Лакса-Мільграма-Вишика. Симетрична білінійна форма та функціонал енергії. Дискретизація варіаційної задачі. Апроксимації Рітца-Гальборкіна. Апроксимації методу скінченних елементів, особливості базисних функцій МСЕ. Априорні оцінки похибки апроксимації МСЕ. Збіжність</p>

	<p>         послідовності апроксимацій МСЕ.          Варіаційне формулювання параболічної початково-крайової задачі.          Рівняння балансу. Стійкість напівдискретних апроксимацій. Однокрокова рекурентна схема інтегрування в часі. Стійкість та збіжність ОРС.          Варіаційне формулювання гіперболічної початково-крайової задачі.          Рівняння балансу. Стійкість напівдискретних апроксимацій.          Однокрокова рекурентна схема інтегрування в часі. Стійкість та збіжність ОРС.       </p>
<b>Опитування</b>	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу</p>