

**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 № 1 від 31/8 2020 р.)

Завідувач кафедри Г.А. Шинкаренко



**Силабус з навчальної дисципліни**  
**Комп'ютерна реалізація адаптивних схем**  
**що викладається в межах ОНП Комп'ютерні науки**  
**третього (аспірантського) рівня вищої освіти для здобувачів**  
**з спеціальності 122 – комп'ютерні науки**

Львів 2020 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 (ІС)
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	12 – інформаційні технології 122 – комп'ютерні науки
<b>Викладачі дисципліни</b>	Шинкаренко Георгій Андрійович, професор, завідувач кафедри інформаційних систем
<b>Контактна інформація викладачів</b>	<a href="mailto:heorhiy.shynkarenko@lnu.edu.ua">heorhiy.shynkarenko@lnu.edu.ua</a> ; <a href="https://ami.lnu.edu.ua/employee/shynkarenko/">https://ami.lnu.edu.ua/employee/shynkarenko/</a> ; Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка, каб. 260. м. Львів, вул. Університетська, 1
<b>Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються</b>	Консультації в день проведення лекцій/практичних занять (за попередньою домовленістю) та згідно розкладу консультацій.
<b>Сторінка курсу</b>	<a href="https://ami.lnu.edu.ua/employee/shynkarenko/">https://ami.lnu.edu.ua/employee/shynkarenko/</a> ;
<b>Інформація про дисципліну</b>	Курс надає знання принципів побудови адаптивних схем методу скінченних елементів, їх програмної реалізації для наукових та інженерних обчислень у проблемах фізики та механіки, зокрема, у проблемах дифузії-адвекції-реакції та еластостатики.
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	Дисципліна “Компютерна реалізація адаптивних схем” є вибірковою дисципліною з спеціальності 122 – компютерні для освітньої програми, яка викладається в 4-му семестрі в обсязі 4-ох кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
<b>Мета та цілі дисципліни</b>	Метою вивчення цієї дисципліни є освоєння аспірантами теоретичних основ і практичних навичок використання адаптивних схем МСЕ, принципів розробки програмного забезпечення для їх реалізації та способів аналізу результатів числових експериментів
<b>Література для вивчення дисципліни</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Трушевський В.М., Шинкаренко Г.А., Щербина Н.М. Метод скінченних елементів і штучні нейронні мережі. Теоретичні аспекти і застосування. Львів, Вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2014 – 396 с.</li> <li>2. Gockenbach M.S. Understanding and Implementing the Finite Element Method. SIAM, 2006. – 380 pp.</li> <li>3. Zienkiewicz O. C. The Finite Element Method. Vol. 1: The Basis. Oxford: Butterworth &amp; Heinemann, 2002. - 688 p</li> <li>4. Квасниця Г.А., Шинкаренко Г.А. Аналіз задачі про гармонічні хвилі в пружних тілах і її -адаптивна скінченноелементна апроксимація. Математичні методи та фізико-механічні поля. 2020. Т. 63. №1. С. 52-64. 172.</li> <li>5. Verfürth R. A Posteriori Error Estimation Techniques for Finite Element Methods. / R. Verfürth - Oxford University Press, Oxford, 2013. 416 p.</li> <li>6. Ostapov O. Yu. A posteriori error estimator and h-adaptive finite element method for diffusion-advection-reaction problems / O. Yu. Ostapov, H. A. Shynkarenko, O. V. Vovk // Recent Advances in Computational Mechanics, Taylor &amp; Francis Group, London. – 2014. – P. 329-337.</li> </ol>

	<p>7. Ainsworth M. A Posteriori Error Estimation in Finite Element Analysis. / M. Ainsworth, J.T. Oden - New York: Wiley, 2000.-240 p.</p> <p>8. <a href="https://freefem.org/">https://freefem.org/</a></p> <p>9. <a href="https://fem-code.com/">https://fem-code.com/</a></p> <p>10. <a href="http://www.scilab.org">Scilab   www.scilab.org</a></p>
<b>Обсяг курсу</b>	Загальний обсяг: 90 годин. Аудиторних занять: 70 год., з них 32 год. лекцій та 16 годин практичних. Самостійної роботи: 42 год.
<b>Очікувані результати навчання</b>	<p>Після завершення цього курсу аспірант буде :</p> <p>Знати:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Крайові та початково-крайові задачі для рівнянь в частинних похідних. Приклади з фізики і механіки суцільного середовища.</li> <li>- Варіаційна задача. Простори допустимих функцій, білінійна і лінійна форми, неперервність, V-еліптичність і коерцитивність. Коректність варіаційної задачі.</li> <li>- Сингулярна збуреність задачі. Примежеві та внутрішні шари. Критерії подібності та їх застосування.</li> <li>- Закони збереження маси, руху, імпульсу, енергії. Рівняння балансу. Єдиність, регулярність та обмеженість розв'язку задачі.</li> <li>- Апроксимації Гальоркіна та (MSE). Інтерполяційні властивості базисних функцій MSE. Оцінки похибок і збіжність апроксимацій.</li> <li>- Варіаційна задача про похибку (про лишок знайденої апроксимації). Явний та неявний апостеріорний оцінювач похибки апроксимації MSE.</li> <li>- Критерії локального покращення апроксимацій MSE, h-, p- та hp-адаптивні схеми.</li> <li>- Базові алгоритми адаптивних схем, триангуляції Делоне і бісекцій, квадратури Дюнавана, метод спряжених градієнтів для рідко заповнених рівнянь.</li> </ul> <p>Вміти:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Будувати апроксимації MSE для еліптичних задач;</li> <li>- Будувати базисні функції апостеріорних оцінювачів похибок;</li> <li>- Будувати критерії локального покращення схем MSE</li> <li>- Реалізовувати адаптивні алгоритми MSE з використанням сучасних середовищ обчислень;</li> <li>- Аналізувати результати числових експериментів.</li> </ul>
<b>Ключові слова</b>	Варіаційні методи, адаптивні MSE, комп'ютерне моделювання
<b>Формат курсу</b>	Очний

<b>Теми</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вступ. Мета та завдання курсу. Організація курсу. Комп'ютерні технології наукових та інженерних обчислень.</li> <li>2. Варіаційне формулювання крайових задач для систем рівнянь в часткових похідних. Рівняння балансу. Єдиність, регулярність та обмеженість розв'язків.</li> <li>3. Безрозмірні змінні та критерії подібності, числа Пекле та Струхалія. Сингулярна збуреність задачі.</li> <li>4. Дискретизація варіаційних задач. Метод скінченних елементів</li> <li>5. Априорні оцінки похибок апроксимацій МСЕ. Збіжність послідовності апроксимацій МСЕ.</li> <li>6. Апостеріорна оцінка похибки апроксимацій МСЕ. Надійні та ефективні апостеріорні оцінювачі похибок апроксимацій МСЕ.</li> <li>7. Критерії локального покращення якості схем МСЕ. Алгоритми <math>h</math>-, <math>p</math>- та <math>hp</math>-адаптування.</li> <li>8. Базові алгоритми реалізації адаптивних схем МСЕ.</li> <li>9. Проблеми комп'ютерного моделювання, інструментарій обчислювальних експериментів.</li> </ol>
<b>Підсумковий контроль, форма</b>	Екзамен у кінці семестру
<b>Пререквізити</b>	Для вивчення курсу аспіранти потребують базових знань з курсів: Чисельні методи; Програмування; Функціональний аналіз. Диференціальні рівняння в частинних похідних.
<b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b>	Презентації, лекції Індивідуальні завдання
<b>Необхідне обладнання</b>	Комп'ютер з відповідним програмним забезпеченням та internet доступом.
<b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b>	Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням: <ul style="list-style-type: none"> <li>• індивідуальні завдання : 50% семестрової оцінки;</li> <li>• екзамен: 50% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 50</li> </ul> Підсумкова максимальна кількість балів 100. <b>Письмові роботи:</b> Очікується, що аспіранти підготують реферати з теоретичними засадами курсу та результатами виконання своїх індивідуальних завдань. <b>Академічна доброчесність:</b> Очікується, що роботи слухачів будуть їх оригінальними дослідженнями та міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел. Виявлення ознак академічної недоброчесності в рефераті є підставою для незарахування курсу викладачем, незалежно від масштабів плагіату.

	<p><b>Відвідання занять</b> є важливою складовою навчання. Очікується, що аспіранти відвідають лекції та лабораторні заняття курсу. Аспіранти повинні інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися термінів індивідуальних завдань, передбачених курсом.</p> <p><b>Література.</b> Уся література, яку аспіранти 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><b>Політика виставлення балів.</b> Враховуються бали, набрані на поточних заняттях, самостійній роботі та бали підсумкового тестування. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність аспіранта під час лабораторних робіт; недопустимість пропусків та запізнь на заняття без поважних причин; плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p>
<p><b>Питання до заліку чи екзамену.</b></p>	<p>Крайові та відповідні їм варіаційні задачі фізики та механіки суцільного середовища.</p> <p>Рівняння балансу енергії, маси, імпульсу. Наслідки з них</p> <p>Коректність формулювання варіаційних задач.</p> <p>Метод скінченних елементів. Оцінки похибок і збіжність апроксимацій МСЕ.</p> <p>Апостеріорні оцінювачі похибок (АОП). Надійність та ефективність АОП. Явні та неявні АОП. Індикатори похибок.</p> <p>Критерії локального покращення схеми МСЕ.</p> <p>Загальний алгоритм адаптування та його реалізація.</p>
<p><b>Опитування</b></p>	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p>