



ТЕХНОЛОГІЇ ПАРАЛЕЛЬНИХ ОБЧИСЛЕНЬ В ЕНЕРГЕТИЧНИХ КОМПЛЕКСАХ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	12 Інформаційні технології
Спеціальність	122 Комп'ютерні науки
Освітня програма	Цифрові технології в енергетиці
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	3 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	3,5 кредити ЄКТС / 105 год.: лекції – 18 год., лабораторні роботи – 18 год., самостійна робота – 69 год.
Семестровий контроль / контрольні заходи	м.к.р., іспит
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: доцент, к.т.н., доц. Лабжинський Володимир Анатолійович, email: labzhynskiy.volodymyr@iit.kpi.ua Лабораторні роботи: доцент, к.т.н., доц. Лабжинський Володимир Анатолійович, email: labzhynskiy.volodymyr@iit.kpi.ua
Розміщення курсу	https://ecampus.kpi.ua/

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Метою вивчення навчальної дисципліни є формування у студентів таких здатностей:

- програмувати різними мовами програмування та налагоджувати програмний код з використанням оптимальних структур даних;
- використовувати знання з побудови операційних систем, апаратних платформ, мережевих технологій при розробці програмного забезпечення;
- проектувати розподілені системи і паралельні обчислення та їх реалізації в процесі професійної діяльності;
- застосовувати сучасні інженерні практики при розробленні програмного забезпечення;
- розробляти розподілене програмне забезпечення;
- реалізовувати паралельні обчислення.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

ЗНАННЯ:

- парадигм програмування, сучасних мов програмування, основних структур даних і алгоритмів;
- принципи побудови, склад, структуру та функції сучасних UNIX-подібних операційних систем;

- основні системні виклики (функції) ОС UNIX, які застосовуються при роботі з процесами (потоками);
- засоби міжпроцесної взаємодії, які реалізовані в сучасних UNIX-подібних операційних системах;
- засоби синхронізації взаємодіючих процесів (потоків), що виконуються паралельно;
- принципи розроблення програмного забезпечення для паралельних обчислень на основі платформно-незалежних технологій OpenMP, MPI та NVIDIA CUDA;
- паралельні алгоритми розв'язування поширених математичних задач.

вміння:

- використовувати довідкову літературу, технічну документацію;
- встановлювати, налаштовувати та обслуговувати системне та прикладне програмне забезпечення в системах паралельних обчислень;
- застосовувати основні системні виклики (функції) ОС UNIX, які використовують при роботі з файлами (каталогами) та процесами (потоками);
- використовувати канали та засоби міжпроцесної взаємодії ОС UNIX для обміну інформацією між процесами;
- грамотно застосовувати засоби синхронізації дій процесів (потоків), уникати виникнення тупикових ситуацій;
- розробляти програмне забезпечення для паралельних обчислень з використанням платформно-незалежних технологій OpenMP, MPI та NVIDIA CUDA.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни

Вивчення дисципліни спирається на знання, отримані за програмою попередніх років навчання за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

В структурно-логічній схемі навчання кредитний модуль «Паралельні обчислення» розташований в 6 семестрі, тобто тоді, коли студенти вже прослухали курси "Основи програмування", "Алгоритми та структури даних", "Компоненти програмної інженерії", засвоїли принципи побудови алгоритмів, ознайомилися з архітектурою сучасних комп'ютерів та набули певного досвіду розробки програмного забезпечення. З іншого боку, матеріал цього кредитного модуля може бути використаний при вивченні таких курсів, як "Організація баз даних та знань", "WEB-технології та WEB-дизайн", що подаються в наступних семестрах.

3. Зміст навчальної дисципліни

В дисципліні вивчаються такі теми:

Розділ 1. Загальні питання паралельних обчислень

Тема 1.1. Побудова паралельних обчислювальних систем. Принципи розроблення паралельних програм

Розділ 2. Програмні засоби та технології реалізації паралельних обчислень

Тема 2.1. Базові програмні засоби, надавані операційною системою UNIX

Тема 2.2. Платформно-незалежні програмні технології

Розділ 3. Приклади паралельних алгоритмів

Тема 3.1. Паралельні алгоритми розв'язування математичних задач

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Robey, R., and Y. Zamora. 2021. *Parallel and High Performance Computing*. Shelter Island, NY: Manning Publications.
2. Andrews, G. R. 2000. *Foundations of Multithreaded, Parallel, and Distributed Programming*. Reading, MA: Addison-Wesley.
3. Stevens, W. R., and S. A. Rago. 2013. *Advanced Programming in the UNIX Environment*. 3rd ed. Reading, MA: Addison-Wesley Professional.

4. Foster, I. 1995. *Designing and Building Parallel Programs: Concepts and Tools for Software Engineering*. Reading, MA: Addison-Wesley.
5. Quinn, M. J. 2004. *Parallel Programming in C with MPI and OpenMP*. New York, NY: McGraw-Hill.
6. Sanders, J., and E. Kandrot. 2010. *CUDA by Example: an Introduction to General-Purpose GPU Programming*. Boston, MA: Addison-Wesley Professional.

Додаткова література

1. Miller, R., and L. Boxer. 2005. *Algorithms Sequential and Parallel: a Unified Approach*. 2nd ed. Hingham, MA: Charles River Media.
2. Hughes, C., and T. Hughes. 2003. *Parallel and Distributed Programming Using C++*. Boston, MA: Addison-Wesley Professional.
3. Cormen, T. H., C. E. Leiserson, R. L. Rivest, and C. Stein. 2022. *Introduction to Algorithms*. 4th ed. Cambridge, MA: The MIT Press.
4. Tanenbaum A. S., and H. Bos. 2023. *Modern Operating Systems*. 5th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall PTR.
5. Deitel H. M., P. J. Deitel and D. R. Choffnes. 2004. *Operating Systems*. 3rd ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall PTR.
6. Ortega, J. M. 1988. *Introduction to Parallel and Vector Solution of Linear Systems*. New York, NY: Plenum Press.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань	Кільк. ауд.год.
Розділ 1. Загальні питання паралельних обчислень		
Тема 1.1. Побудова паралельних обчислювальних систем. Принципи розроблення паралельних програм		
1	Історія та сучасний стан паралельних систем. Паралелізм як основа високопродуктивних обчислень. Закон Мура. Закон Амдала. Класифікація паралельних комп'ютерів. Основні поняття та визначення. Аналіз ефективності паралельних програм. Показники якості паралельної програми. Прискорення. Перспективи та обмеження паралелізму.	2
Розділ 2. Програмні засоби та технології реалізації паралельних обчислень		
Тема 2.1. Базові програмні засоби, надавані операційною системою UNIX		
2	Керування процесами. Функції створення та завершення роботи процесу. Ідентифікатори процесу. Виклик інших програм. Синхронізація продовження виконання процесу з моментом завершення роботи свого нащадка. Спільне використання файлів. Зміна ідентифікаторів користувача та групи. Ідентифікація користувача. Часові характеристики процесу.	2
3	Сигнали. Концепція сигналів. Надсилання та обробка сигналів процесами. Надійні та ненадійні сигнали. Перервані системні виклики. Набори сигналів.	2
4	Програмні потоки. Керування програмними потоками. Засоби синхронізації дій потоків. Концепція потоків та їх ідентифікація. Створення потоку та завершення його роботи. Атрибути потоків. Синхронізація дій потоків за допомогою взаємних виключень, блокувань читання-запису та умовних змінних.	2

Тема 2.2. Платформно-незалежні програмні технології		
5	Технологія OpenMP. Особливості паралельного середовища OpenMP. Базові поняття OpenMP: паралельні блоки, шаблон SPMD, паралельні цикли, редукція, секції, бар'єри, приватні та спільні змінні. Статичне та динамічне розбиття циклів. Синхронізація обчислень. Бібліотека функцій.	2
6	Технологія MPI. Базові поняття MPI: процес, ранг, комунікатор, блокуючий та неблокуючий режим обміну повідомленнями. Особливості обміну повідомленнями в MPI. Переваги перед традиційними інструментами (TCP/IP).	2
7	Технологія NVIDIA CUDA. Архітектура відеоадаптера. Види пам'яті. Обчислювальні нитки. Модель програмування. Організація пам'яті та функцій. Розширення для мови програмування C.	2
Розділ 3. Приклади паралельних алгоритмів		
Тема 3.1. Паралельні алгоритми розв'язування математичних задач		
8	Прямі методи розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь. Паралельний метод прогону (на 2 процесора), паралельний метод Гауса. Паралельний алгоритм обчислювання зворотного ходу. Паралельний алгоритм LU-розкладу.	2
9	Паралельні методи розв'язування диференційних рівнянь у частинних похідних. Рівняння теплопровідності. Явна схема.	2

Лабораторні роботи

№ з/п	Тема лабораторної роботи	Кільк. ауд.год.
Розділ 2. Програмні засоби та технології реалізації паралельних обчислень		
Тема 2.1. Базові програмні засоби, надавані операційною системою UNIX		
1	Керування реакцією на сигнали в багатопоточній програмі	1
2	Дослідження трьох алгоритмів взаємного виключення: Деккера, Пітерсона та Лемпорта	1
Тема 2.2. Платформно-незалежні програмні технології		
3	Паралельні обчислення на основі технології OpenMP	2
4	Паралельні обчислення на основі технології MPI	2
5	Паралельні обчислення на основі технології NVIDIA CUDA	2
Розділ 3. Приклади паралельних алгоритмів		
Тема 3.1. Паралельні алгоритми розв'язування математичних задач		
6	Алгоритми сортування	2
7	Розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь	2
8	Графові алгоритми	2
9	Розв'язання задачі Коші для рівняння теплопровідності	2

Контрольні роботи

В шостому семестрі проводять одну модульну контрольну роботу. Для її проведення виділяють 2 навчальні години рахунок часу, передбаченого для виконання лабораторних робіт.

Метою модульної контрольної роботи є визначення рівня теоретичних знань та практичних вмінь і навичок студентів з використання засобів та платформно-незалежних технологій паралельних обчислень для розв'язування прикладних задач.

Контрольна робота охоплює всі основні розділи курсу, а саме:

- основні поняття паралелізму. Закони Мура та Амдала;
- керування процесами та надсилання й оброблення сигналів;
- обмін інформацією за допомогою іменованих та неіменованих каналів;
- керування програмними потоками та засоби синхронізації їхніх дій;
- засоби міжпроцесної взаємодії System V: черги повідомлень, семафори, поділювана пам'ять;
- платформно-незалежні технології OpenMP, MPI, NVIDIA CUDA;
- паралельні алгоритми розв'язування поширених математичних задач.

6. Самостійна робота

Самостійна робота студента (69 годин) передбачає підготовку до аудиторних занять та контрольних заходів, засвоєння базової та ознайомлення з додатковою літературою.

Розподіл годин СРС: підготовка до лекції – 1 година; підготовка до лабораторної роботи – 3 години; підготовка до МКР – 6 годин; підготовка до іспиту – 27 годин.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни

- відвідування лекцій, а також відсутність на них, не оцінюється. Відвідування лабораторних і практичних занять є обов'язковою складовою вивчення матеріалу;
- під час захисту лабораторних робіт студент має продемонструвати розроблений програмний код та результати його виконання на тестах, як заздалегідь підготованих, так і запропонованих викладачем. У випадку дистанційної форми навчання захист відбувається на відповідній конференції шляхом демонстрації екрана;
- політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>;
- норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Розмір шкали рейтингових оцінок – 100 балів. Оцінка з дисципліни виставляється за рейтинговою системою з подальшим переведенням до традиційної 4-бальної.

Загальна рейтингова оцінка студента після завершення семестру складається з балів, отриманих за:

- виконання та захист лабораторних робіт;
- написання однієї модульної контрольної роботи;
- складання іспиту.

Лабораторні роботи:

- кількість лабораторних робіт згідно з робочою програмою – 9;
- максимальна кількість балів за виконання лабораторних робіт – $r_{лр}=60$;
- внесок окремих лабораторних робіт до семестрового рейтингу студента подано у таблиці.

Номер лабораторної роботи	Внесок до семестрового рейтингу, балів
1.	3
2.	3

3.	5
4.	5
5.	8
6.	8
7.	8
8.	10
9.	10
Всього	60

Критерії оцінювання виконання та захисту лабораторних робіт:

- якщо студент виконав роботу, але не відповів на контрольні запитання до неї, то за роботу нараховується 50% від максимальної кількості балів;
- якщо робота виконана невчасно, то знімається 10–30% від максимальної кількості балів (кількість процентів залежить від терміну запізнення);
- якщо студент виконав роботу не самостійно та не розбирається в коді програми, то бали за роботу не нараховуються;
- якщо в програмі не витримані основні правила створення програмних продуктів (модульність, дружній інтерфейс, наявність коментарів тощо) знімається по 5% від максимальної кількості балів за кожний з цих недоліків.

Модульна контрольна робота (МКР):

- тема МКР “Засоби, технології та алгоритми паралельних обчислень”;
- МКР містить два теоретичні та два практичні завдання;
- максимальна кількість балів за написання МКР $r_{МКР}=20$, в тому числі за теоретичне завдання – 6 балів, за практичне завдання – 4 бали;
- термін проведення МКР – 17-й тиждень семестру.

Критерії оцінювання написання МКР:

- якщо на питання подані повні та чітко аргументовані відповіді, контрольна робота виконана охайно, з дотриманням основних правил оформлення, то виставляється 90-100% від максимальної кількості балів;
- якщо методика виконання запропонованого завдання вірна, але допущені неprincipові помилки у теоретичному описі або чисельних розрахунках, то виставляється 75-90% від максимальної кількості балів;
- від 50% до 75% від максимальної кількості балів нараховується, якщо методика виконання завдання в основному вірна, але допущені деякі з наступних помилок: помилки у поданні вихідних даних, не обґрунтовані теоретичні рішення, є принципові помилки у чисельних розрахунках;
- менше 50% від максимальної кількості балів нараховується, якщо завдання не виконане або студент припустився грубих помилок при його виконанні.

Умови позитивної проміжної атестації

Поточні індивідуальні рейтинги студентів періодично доводяться викладачем до студентів безпосередньо або через старосту групи.

Поточна атестація студентів базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу студента не менше 50% від максимально можливого на час атестації.

Для отримання позитивної оцінки з першої проміжної атестації рейтинг студента повинен бути не менше, ніж 11 балів (за умови, що за 8 тижнів семестру згідно з календарним планом контрольних заходів студент може отримати максимум 22 бали).

Для отримання позитивної оцінки з другої проміжної атестації рейтинг студента повинен бути не менше, ніж 32 бали (за умови, що за 14 тижнів семестру згідно з календарним планом контрольних заходів студент може отримати максимум 64 бали).

Семестрова атестація (іспит)

Максимальна кількість балів за складання іспиту – 20. Умови допуску студента до іспиту:

- виконання всіх обов'язкових видів робіт, передбачених робочою навчальною програмою;
- оскільки успішне завершення семестру можливе тільки за умови набору студентом протягом семестру не менш ніж 60 балів, а внесок іспиту складає 20 балів, то студент отримує допуск до іспиту, якщо його поточний індивідуальний рейтинг перед іспитом складає не менш, ніж 40 балів.

Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R = r_{\text{ЛР}} + r_{\text{МКР}} + r_{\text{ІСПИТ}} = 60 + 20 + 20 = 100 \text{ балів}$$

Таким чином, рейтингова шкала з кредитного модуля складає 100 балів.

Необхідною умовою допуску до складання іспиту є стартовий рейтинг r_c , що дорівнює $0,4 * 100 = 40$ балів.

Відповідність між рейтинговими та традиційними оцінками наведена в таблиці.

Кількість балів	Оцінка
95–100	Відмінно
85–94	Дуже добре
75–84	Добре
65–74	Задовільно
60–64	Достатньо
40–59	Незадовільно
0–39	Не допущений

9. Додаткова інформація з дисципліни

Для кращого засвоєння матеріалу рекомендується проводити лабораторні роботи на комп'ютерах, що підключені до мережі Інтернет, з метою надання студентам доступу до найсвіжіших інформаційних ресурсів.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом, к.т.н., доц. Лабжинським Володимиром Анатолійовичем

Ухвалено кафедрою ЦТЕ (протокол № 1 від 01.07.2022)

Погоджено Методичною комісією ТЕФ КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 10 від 04.07.22)