



Організація високопродуктивних обчислень

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>F Інформаційні технології</i>
Спеціальність	<i>F2 Інженерія програмного забезпечення; F6 Інформаційні системи та технології; F7 Комп'ютерна інженерія,</i>
Освітня програма	<i>Комп'ютерні системи та мережі Інженерія програмного забезпечення комп'ютерних систем Інтегровані інформаційні системи Інформаційні управляючі системи та технології Інформаційне забезпечення робототехнічних систем Інженерія програмного забезпечення інформаційних систем Інженерія квантового програмного забезпечення</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів /150 год., лекції 32 год., лабораторні роботи 14 год., СРС 104 год.</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен, МКР</i>
Розклад занять	<i>Згідно розкладу на весняний семестр поточного навчального року за адресою http://rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектори: к.т.н., доцент, Павлов Валерій Георгійович, Pavlov.Valeriy@Ill.kpi.ua</i>
Розміщення курсу	<i>На платформі дистанційного навчання «Сікорський»: https://do.ipu.kpi.ua/course/view.php?id=8316</i>

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

Навчальна дисципліна **"Організація високопродуктивних обчислень"** відноситься до вибіркового освітнього компоненту навчальної програми. Вона має номер **1.17** у переліку вибіркового освітнього компоненту з міжфакультетського/факультетського/кафедрального Ф-каталогів.

Причини та мотивація до вивчення: Єдиний шлях підвищення продуктивності комп'ютерних систем – об'єднання їх потужностей. Але при цьому виникає багато проблем, які треба вміти вирішувати, насамперед – розподіл та динамічне балансування навантаження в умовах нестационарного потоку завдань. Якщо не враховувати певні фактори, то замість підвищення продуктивності можна отримати зворотний ефект.

Мета навчальної дисципліни: формування у здобувачів здатностей:

- розуміти принципи побудови багатопроцесорних систем;
- аналізувати причини повільності обчислень у багатопроцесорних системах;
- розуміти, яким чином можна керувати послідовністю обчислень;
- розробляти програми з використанням засобів керування послідовністю обчислень.

Вивчення дисципліни підсилює наступні загальні та фахові компетенції:

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ФК09. Здатність забезпечувати якість програмного забезпечення.

У відповідності до вищезазначеного, підсилені загальні та фахові компетенції дадуть наступні результати навчання:

ЗНАННЯ:

- структури і різновиди багатопроцесорних систем;
- переваг та недоліків тих, чи інших варіантів побудови багатопроцесорних систем;
- принципів побудови паралельних обчислень;
- теоретично можливих меж прискорення обчислень;
- методів балансування та розподілу навантаження при обчисленнях;
- спеціалізованих програмних засобів для багатопроцесорних систем;

УМІННЯ:

- розробляти алгоритм рішення задач таким чином, щоб було можливо використовувати паралельні обчислення;
- використати програмні засоби для прискорення обчислень шляхом їхнього розпаралелювання.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Для успішного засвоєння дисципліни «Організація високопродуктивних обчислень» здобувачам доцільно мати базові теоретичні та практичні знання, які необхідні для розуміння алгоритмів та послідовності обчислень та оптимізації програмних продуктів, що набуті під час вивчення базових та професійно орієнтованих дисциплін та охоплюють такі напрями:

- Основи комп'ютерної логіки та цифрової електроніки
- Програмування та алгоритмічне мислення
- Базові знання з архітектури комп'ютерів, принципи побудови процесорів та керуючих пристроїв
- Основи програмування мовою C (особливо для низькорівневих/вбудованих систем)

Здобуті навички можуть бути використані при виконанні магістерської дисертації, а також у практикоорієнтованих ініціативах, таких як стартапи та хакатони, пов'язаних з розробкою та оптимізацію програмних продуктів.

3. Зміст навчальної дисципліни

Вступ

Розділ 1. Продуктивність комп'ютерних систем

- Тема 1.1. Базові архітектури комп'ютерних систем.
- Тема 1.2. Структура кластерних систем.
- Тема 1.3. Математичні основи квантових обчислень.
- Тема 1.4. Методи оцінювання продуктивності (закон Амдала).
- Тема 1.5. Методи оцінювання продуктивності (закон Густафсона-Барсиса).

Розділ 2. Балансування навантаження у комп'ютерних системах

- Тема 2.1. Методи балансування навантаження.
- Тема 2.2. Основні стратегії балансування.
- Тема 2.3. Динамічне балансування навантаження.
- Тема 2.4. Динамічне балансування при нерівномірному надходженні завдань.
- Тема 2.5. Графічне відображення процесу балансування навантаження.
- Тема 2.6. Розширення завдань балансування.
- Тема 2.7. Розширення завдань балансування.

4. Навчальні ресурси та матеріали

4.1 Основна література

1. Павлов В.Г. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни// В.Г. Павлов, - К: "Організація високопродуктивних обчислень" – 2023. 118 с.
2. Стіренко С.Г. Організація паралельних обчислювальних процесів в кластерних системах// С.Г. Стіренко, - К: «Три Ко», 2014. – 196 с.
3. Павлов В.Г. Диспетчеризація динамічного балансування навантаження обчислювальних пристроїв на основі оцінювання стану поточних обчислень// В.Г. Павлов; – К: Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського, том 30, номер 2, 2019, стр.160 - 170
4. Павлов В.Г. Застосування діаграм Ганта для ілюстрації процесу динамічного балансування навантаження обчислювальних пристроїв// В.Г. Павлов; – К: Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського, том 31 (70), номер 2, 2020, стр. 140 - 144

4.2. Додаткова література

1. Павлов В.Г. Завадостійкий кластер для задач з екологічного менеджменту// М.В. Копитовський, В.Г. Павлов, Науково-практичний журнал «Екологічні науки» № 27. – К.; 2019с. 210-214.
2. Павлов В.Г. Відмовостійкий кластер на базі серверів додатків GLASSFISH// М.В. Копитовський, В.Г. Павлов, Журнал "Shipbuilding & marine infrastructure" № 1 (11). – Миколаїв; 2019 с 110 - 115.

4.3. Інформаційні ресурси

1. Методичні матеріали курсу – на платформі дистанційного навчання «Сікорський» в середовищі Moodle: <https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=8316>

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компоненту)

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни згідно з робочим навчальним планом: на кредитний модуль виділено 150 годин та 5 кредитів – 16 лекцій (32 годин), 3 лабораторні роботи (14 годин), самостійна робота (104 годин), модульна контрольна робота (МКР).

Для досягнення мети навчальної дисципліни **в лекційному матеріалі** слід зосередитись на розумінні джерел та шляхів підвищення продуктивності обчислювальних систем, які ґрунтуються на знаннях аспектів архітектури комп'ютерних систем та структури алгоритмів обчислень. Особливу увагу варто приділити використанню сучасних програмних інструментів. Набуті знання потрібні при розробці та використанні кластерних систем, систем для розподілених обчислень, систем з масштабованою потужністю, гетерогенних обчислювальних систем, а також при розробці програм, які призначені для високопродуктивних розрахунків.

Лабораторні роботи побудовані за принципом поступового ускладнення: від простих прикладів підвищення продуктивності обчислень до більш складних алгоритмів, які потребують певного розуміння їх математичного сенсу. Такий підхід сприяє кращому засвоєнню матеріалу та формуванню прикладних компетентностей, необхідних для професійної діяльності у сфері розробки програмних продуктів.

Мета лабораторних робіт — набуття практичних навичок по роботі з методами та засобам програмування процесів (потоків) в сучасних мовах та бібліотеках паралельного програмування, а саме:

- Обмін даними за участю декількох задач в MPI.
- Користувацькі типи даних в MPI.
- Приклад розробки складної програми за допомогою MPI

Тематика лабораторних робіт

Лабораторна робота 1:

- Блокуючі передачі в MPI (4 год)

Лабораторна робота 2:

- Неблокуючі та широкомовні передачі в MPI (4 год).

Лабораторна робота 3:

- Обмін даними за участю декількох задач в MPI (6 год).

Лабораторна робота 4. (опціонально) . Користувацькі типи даних в MPI

6. Самостійна робота здобувача вищої освіти денної форми навчання

Види самостійної роботи (104 години):

- підготовка до аудиторних занять, **(0,5 год. x 32 годин лекцій = 16 годин)**;
- підготовка та оброблення алгоритмів розрахунків, проведення розрахунків за первинними даними, отриманими на під час виконання лабораторних робіт, обрахування контрольних прикладів та порівняння їх результатів з отриманими на практиці **1,5 год. x 14 годин лабораторних робіт = 21 година**);
- підготовка до МКР **(6 годин)**;
- підготовка до екзамену **(30 годин)**;
- самостійне опрацювання теоретичного матеріалу для лабораторних робіт, розгортання програмного середовища та завантаження вихідних кодів програмного забезпечення для виконання лабораторних робіт, оформлення результатів **(31 година)**.

Матеріали для самостійного опрацювання, теми, питання для самоконтролю та контрольні запитання знаходяться на платформі дистанційного навчання «Сікорський» <https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=8316>.

Під час планування індивідуального завдання з певного ОК необхідно забезпечити баланс часу СРС відповідної освітньої компоненти. Підґрунтям цього розрахунку є орієнтовні норми часу на виконання здобувачами вищої освіти окремих робіт:

Вид роботи	Підготовка до одного аудиторного академічного часу					Підготовка та складання		Виконання	
	Лекції	Практичні	Семінарські	Лабораторні	МКР* (денна)	Залік	Екзамен	ІСЗ (денна)	ДКР (заочна)
Норма часу (год.)	0,3-0,5	0,5-1	1,5-2	1-1,5	2	6	30	10-15	10-20

**) На виконання МКР для здобувачів вищої освіти за денною формою відводиться дві академічні аудиторні години. При плануванні контрольних заходів двогодинна МКР може бути поділена, наприклад, на дві одногодні. Тривалість і методика проведення МКР визначається силабусом – робочою програмою навчальної дисципліни (освітнього компонента).*

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття є основною формою набуття знань з дисципліни, тому присутність на них суттєво спрощує здобувачам можливість вчасно отримати необхідну інформацію та розуміти, відповіді на які питання будуть потребувати самостійної роботи. На лекційних заняттях завжди наявна можливість задати викладачу питання та отримати відповідь, тобто мати швидку комунікацію та спрямування їх навчання у потрібному напрямку. У випадках, коли при виключних обставинах лекційні заняття пропускаються, це завдає додаткового навантаження у самостійному опрацюванні пропущеної теми.

Для зарахування лабораторної роботи здобувач повинен надати розроблений програмний продукт, який виконує поставлену задачу за індивідуальним варіантом, не містить синтаксичних та логічних помилок та супроводжується звітом з виконання лабораторної роботи у електронному або паперовому вигляді.

Звіт з лабораторної роботи повинен містити:

- Інформацію про назву лабораторної роботи;
- Інформацію про автора звіту;
- сутність індивідуального завдання у контексті загальної мети лабораторної роботи та її та змісту;
- наведені математичні розрахунки контрольних прикладів у загальному та числовому вигляді, за допомогою яких доводиться працездатність розробленої програми;
- скріншоти, які б підтверджували тотожність програмних розрахунків теоретичними;
- обробка результатів лабораторної роботи, якщо це передбачено завданням;
- висновки, які містять підсумки виконання лабораторної роботи та перелік нових навичок, яких отримав здобувач за його думкою.

При зарахування та оцінювання лабораторних робіт беруться до уваги наступні чинники:

- Повнота виконання завдання на лабораторну роботу за індивідуальним варіантом;
- Своєчасність виконання лабораторної роботи згідно графіку;
- Самостійність виконання лабораторної роботи та відсутність ознак плагіату;
- Відповіді на питання щодо змісту лабораторної роботи під час її захисту.

При оцінюванні МКР до уваги приймаються:

- Правильність та повнота виконання завдань;
- Кількість виконаних завдань в умовах обмеженого часу;
- Самостійність виконання завдань та відсутність ознак плагіату;
- Кількість спроб виконання контрольних, які передують тій, що оцінюється.

Для підготовки до МКР здобувачі отримують перелік теоретичних питань та зміст типових задач, які будуть у завданнях на контрольних.

За бажанням здобувача він може замість МКР виконувати додаткову (опціональну) лабораторну роботу, яка оцінюється за такими ж критеріями, як й основні лабораторні роботи, при цьому максимальний бал за її виконання дорівнює максимальному балу за МКР.

При першому та другому календарному контролі до уваги приймається кількість лабораторних робіт та контрольних робіт зарахованих на час його проведення. Для отримання позитивної оцінки календарного контролю здобувачеві треба мати поточний рейтинг в 50% від максимально можливого на час проведення контролю.

Виконання лабораторних робіт та МКР є обов'язковими для допуску до семестрового контролю (екзамену). Загальною умовою допуску до семестрового контролю (заліку) є зарахування всіх лабораторних робіт, МКР та рейтинг не менше 36 балів.

Оцінка, яку здобувач може отримати за виконання кожної основної лабораторної роботи та МКР наведені в оцінювання семестрових робіт, розділ 8 цього силабусу.

Таким чином мінімальна оцінка, яку повинен отримати здобувач для допуску до семестрового контролю (заліку) дорівнює 60 балів за виконання всіх поточних робіт за семестр.

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

Система оцінювання успішності здобувачів з дисципліни «Системне програмування» ґрунтується на «Положенні про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського» (https://document.kpi.ua/files/2020_1-273.pdf), а саме Рейтингової системі оцінювання (PCO) другого типу (PCO-2).

PCO-2 складається з двох складових:

- стартової (R_S);
- екзаменаційної (R_E).

Стартові бали формуються як сума балів, що отримані за результатами заходів поточного контролю (лабораторних робіт (R_L) і контрольних (R_K)), заохочувальних (R_3) балів:

$$R_S = R_L + R_K + R_3 + R_{ш}$$

де R_L за 3 лабораторних робіт складає $3 \times 15 = 45$ бали,

R_K за виконання МКР $1 \times 15 = 15$ балів.

Таким чином максимальна основна сума балів за індивідуальні семестрові завдання складає

$$45 + 15 = 60 \text{ балів.}$$

Поза основною шкалою оцінювання передбачені заохочувальні та штрафні бали, які враховуються у загальній сумі балів, але не входять до основної шкали PCO.

R_3 – заохочувальні бали враховують відповідь на питання та виконання завдань на лекційних заняттях, якість конспекту (при наочному навчанні), а також випередженні дедлайну для лабораторній роботи не менш ніж на тиждень (+3 бали за кожен);

. $R_{ш}$ – штрафні бали при виявленні випадків порушення здобувачем принципів академічної доброчесності, а саме наявності у завданнях та лабораторних роботах ознак плагіату (-3 бали за кожний випадок).

Оцінювання кожної лабораторної роботи в межах 5 балів виконується за двома складовими:

- зміст лабораторної роботи (в межах від 0 до 10 балів);
- вчасність виконання за дотримання графіку виконання лабораторних робіт (в межах від 0 до 5 балів), але ці бали додаються до першої складової при її наявності.

Якщо при перевірці виконання лабораторної роботи виявлено порушення принципів академічної доброчесності, які регламентуються Кодексом честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (<https://kpi.ua/code>), а саме наявність плагіату у змісті звіту та/або тексту програми, то така лабораторна робота повертається здобувачеві для докорінної переробки, причому верхнє значення шкали оцінювання зменшується на 3 бали. Таких повернень може бути не більш ДВОХ для однієї лабораторної роботи. Третього разу здобувач відстороняється від виконання даної лабораторної роботи, що може призвести до неатестації здобувача та недопуску його до екзамену.

Календарна атестація студентів з дисципліни проводиться за значенням поточного рейтингу студента на час атестації. Якщо значення цього рейтингу не менше 50 % від максимально можливого на час атестації, студент вважається атестованим. В іншому випадку в атестаційній відомості виставляється «неатестовано».

Здобувачі, які виконали всі умови допуску до екзамену (виконали всі лабораторні роботи) та мають рейтингову оцінку менше 60 балів, але не менш ніж 60% від максимальної суми стартових балів, що складає

$$60 \times 0.6 = 36 \text{ балів.}$$

а також ті здобувачі, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку, на останньому за розкладом занятті мають можливість пройти співбесіду за увесь курс.

Екзамен за дисципліною «Організація високопродуктивних обчислень» проводиться у очному режимі за розкладом екзаменаційної сесії у письмовому вигляді. Перелік питань по теорії та сутність практичних завдань з кількістю максимальних балів за кожен складову доводяться здобувачам до початку сесії, що передбачає їх добре опанування та гідну підготовку до екзамену. Напередодні екзамену за графіком деканату проводиться консультація, на якій оголошується сума стартових балів для кожного здобувача.

Під час екзамену здобувачам заборонено користування будь-якими додатковими матеріалами та мобільними пристроями. Необхідність користування довідковою інформацією повинна бути погоджена з екзаменуючим та виконується під його контролем. При виявленні факту користування здобувачем сторонніми матеріалами без згоди екзаменуючого, здобувач може бути відстороненим від екзамену з відповідною відміткою у екзаменаційній відомості.

Шкала оцінювання відповіді на екзамені:

Кількість балів (R_E)	Оцінка
38-40	Відмінно
34-37	Дуже добре
30-33	Добре

26-32	Задовільно
24-25	Достатньо
Менше 24	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Оцінювання результатів навчання здійснюється за 100-бальною шкалою з подальшим переведенням оцінок за університетською шкалою згідно таблиці:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Нормативні положення політики навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять. Відвідування занять є вільним, бали за присутність на лекціях та лабораторних заняттях не додаються, відповідно штрафні бали не передбачаються. Втім, вагома частина рейтингу формується через активну участь у заходах на лабораторних заняттях.

Дистанційний режим навчання. У разі запровадження обмежень на відвідування університету, пов'язаних з введенням карантину або режиму воєнного стану в державі, освітній процес здійснюється у дистанційному режимі відповідно до Положення про дистанційне навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського (<https://osvita.kpi.ua/index.php/node/188>), Регламенту організації освітнього процесу в дистанційному режимі (<https://profkom.kpi.ua/reglament-organizatsiyi-osvitnogo-protsesu-v-distantsiynomu-rezhimi>) та Регламенту проведення семестрового контролю в дистанційному режимі (<https://osvita.kpi.ua/node/148>). У режимі дистанційного навчання заняття відбуваються у вигляді онлайн-конференції на платформах BigBlueButton, Google Meet, Zoom. Посилання на конференцію видається на початку семестру і розміщується в АС «Електронний кампус». Результати оцінювання висвітлюють у АС «Електронний кампус» на особистій сторінці здобувача (<https://ecampus.kpi.ua>).

Правила поведінки на заняттях. На заняттях слід дотримуватись норм етичної поведінки визначених у Кодексі честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (<https://kpi.ua/code>). На території університету здобувачі мають поводити себе відповідно до Правил внутрішнього розпорядку (<https://kpi.ua/admin-rule>).

Визнання результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті. Положення про визнання результатів навчання, набутих у неформальній / інформальній освіті (<https://osvita.kpi.ua/index.php/node/179>) регламентує визнання результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті:

- у разі навчання на неформальній освіті, яку студент обрав самостійно і хоче зарахувати результати навчання в рамках дисципліни, проходиться процедура валідації, що передбачає подання здобувачем заяви на ім'я декана, декларації підтверджувальних документів. Рішення про визнання чи не визнання приймається комісією у складі завідувача кафедри, викладача, гаранта освітньо-професійної програми.

- за рішенням викладача окремі змістовні модулі або теми дисципліни можуть бути зараховані на підставі результатів проходження здобувачем онлайн-курсу або іншого елементу неформальної освіти; про що студенти повідомляються на початку семестру. У цьому випадку здобувач повинен погодити зі викладачем зміст цієї неформальної освіти та частку курсу, яка може

бути зарахована при наданні документального підтвердження цієї освіти. Оцінка з цього документу зараховується в якості оцінки частки курсу та перераховуються у відповідну кількість балів. Здобувач зберігає можливість виконувати цю частку курсу на загальних засадах та тоді він може вибрати кращий бал.

Політика використання штучного інтелекту. Використання штучного інтелекту регламентується «Політикою використання штучного інтелекту для академічної діяльності в КПІ ім. Ігоря Сікорського» (<https://osvita.kpi.ua/node/1225>). Усі завдання, як під час виконання навчальних завдань з дисципліни, так і індивідуальні завдання, мають бути результатом власної оригінальної роботи здобувача. Використання ШІ для автоматичної генерації відповідей без подальшого їх аналізу та доопрацювання заборонено.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено, к.т.н, доц., доцент кафедри ОТ Павлов Валерій Георгійович.

Ухвалено кафедрою обчислювальної техніки (протокол № 12 від 23.06.2025р.).

Погоджено методичною комісією ФІОТ (протокол № 11 від 27.06.2025р.).