



ПАРАЛЕЛЬНІ ТА РОЗПОДІЛЕНІ ОБЧИСЛЕННЯ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	12 (F7) Інформаційні технології
Спеціальність	123 Комп'ютерна інженерія
Освітня програма	Комп'ютерні системи та мережі
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	заочна
Рік підготовки, семестр	3 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити 120 годин, лекцій 8 годин, лаб. роб. 88 год., СРС 134 год.
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік
Розклад занять	Згідно розкладу на осінній семестр поточного навчального року за посиланням http://rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н, доцент, Корочкін Олександр Володимирович avcora@gmail.com , @avcora Лабораторні: к.т.н, доцент, Корочкін Олександр Володимирович avcora@gmail.com
Розміщення курсу	https://drive.google.com/drive/folders/16ilvpmuo-lidh18hgDnxwMR0JS6U2nrv

Програма навчальної дисципліни

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

Метою викладання дисципліни “Паралельні та розподілені обчислення” є отримання студентом знань та навичок у сфері створення програмного забезпечення для паралельних комп'ютерних систем, зокрема знання концепції потоку, реалізації потоків в сучасних мовах і бібліотеках паралельного програмування, методів та засобів організації взаємодії потоків, рішення завдання взаємного виключення та синхронізації потоків, засобів програмування взаємодії потоків: семафорів, мютексів, подій, критичних секцій, моніторів, повідомлень, аналізу та побудови паралельних алгоритмів. Метою навчальної дисципліни є формування у студентів компетентності розробки програмного забезпечення для комп'ютерних систем з паралельною або розподіленою архітектурою на основі володіння засобами сучасних мов та бібліотек паралельного програмування на робочих місцях і підрозділах під час майбутньої професійної діяльності на першій посаді. За результатами вивчення дисципліни студент має бути здатним вирішувати професійні завдання та володіти таким: оцінювати особливості ПКС, що застосовуються; використовувати методи створення та оцінювання паралельних алгоритмів; використовувати засоби сучасних мов та бібліотек паралельного програмування для створення програмного забезпечення сучасних ПКС, володіти основними методами формування програм на основі концепції потоків.

Дисципліна “Паралельні та розподілені обчислення” спрямована на опанування

студентами методів та засобів побудови паралельних та розподілених програм. Знання основ паралельного програмування необхідні для створення програмного забезпечення для паралельних та розподілених комп'ютерних систем (ПКС та РКС), систем реального часу, Інтернет-додатків, мобільних пристроїв.

Дисципліна забезпечує наступні компетентності та програмні результати навчання освітньо-професійної програми Комп'ютерні системи та мережі:

Вивчення дисципліни забезпечує наступні загальні та фахові компетенції:

- ЗК2 Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями
- ФК2 Здатність використовувати сучасні методи і мови програмування для розроблення алгоритмічного та програмного забезпечення.
- ФК12 Здатність ідентифікувати, класифікувати та описувати роботу програмно-технічних засобів, комп'ютерних та кіберфізичних систем, мереж та їхніх компонентів шляхом використання аналітичних методів і методів моделювання;
- ФК16 Здатність проектувати, впроваджувати та обслуговувати високопродуктивні паралельні та розподілені комп'ютерні системи та їх складові з використання ПЛІС модулів і систем автоматизованого проектування
- ФК17 Здатність проектувати, впроваджувати, адмініструвати та обслуговувати глобальні, локальні інтелектуальні програмно - конфігуровані комп'ютерні мережі.
- ФК18 Здатність розробляти, адаптувати, використати програмне забезпечення для покращення ефективності застосування високопродуктивних комп'ютерних систем
- ФК19 Здатність організації обчислювальних процесів в високопродуктивних комп'ютерних системах з різною структурною організацією на основі використання новітніх технологій планування і диспетчеризації та сучасних операційних систем.

У відповідності до вищезазначеного, студенти отримають наступні результати навчання:

- ПРН2 Мати навички проведення експериментів, збирання даних та моделювання в комп'ютерних системах.
- ПРН3 Знати новітні технології в галузі комп'ютерної інженерії.
- ПРН9 Вміти застосовувати знання технічних характеристик, конструктивних особливостей, призначення і правил експлуатації програмно-технічних засобів комп'ютерних систем та мереж для вирішення технічних задач спеціальності.
- ПРН10 Вміти розробляти програмне забезпечення для вбудованих і розподілених застосувань, мобільних і гібридних систем, розраховувати, експлуатувати, типове для спальності обладнання
- ПРН24 Проводити зборку, налагодження та використання операційних систем типу Linux.

2. Пре реквізити та пост реквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Необхідні дисципліни: "Програмування", "Об'єктна - орієнтоване програмування", "Структури даних та алгоритми", "Інженерія програмного забезпечення", "Алгоритми та методи обчислень"

Дисципліни, які базуються на результатах навчання з даної дисципліни: "Системне програмне забезпечення", "Комп'ютерні системи"

3. Зміст навчальної дисципліни

Вступ

Розділ 1. Структури паралельних комп'ютерних систем (ПКС)

Тема 1.1 Базові структури ПКС

Тема 1.2 Організація пам'яті та зв'язків у КС

Розділ 2. Програмування паралельних обчислень

Тема 2.1 Особливості програмування паралельних обчислень

Тема 2.2 Життєвий цикл розробки паралельних програм.

Розділ 3. Аналіз та побудова паралельних алгоритмів

Тема 3.1 Концепція необмеженого паралелізму

Тема 3.2 Ярусно-паралельна форма представлення паралельного алгоритму. Лема Брента. Теорема Мунро-Петерсона.

Тема 3.4 Паралельні алгоритми рішення основних задач лінійної алгебри

Розділ 4. Потоки

Тема 4.1 Поняття потоку. Стан потоку. Операції з потоками

Тема 4.2 Потоки в сучасних мовах та бібліотеках паралельного програмування

Розділ 5. Комунікація потоків

Тема 5.1 Види комунікації потоків

Тема 5.2 Моделі взаємодії потоків.

Розділ 6. Задачі взаємного виключення і синхронізації

Тема 6.1 Постанова та загальна схема рішення задачі взаємного виключення і синхронізації

Тема 6.2 Алгоритми Деккера

Тема 6.3 Семафори.

Тема 6.4 Мютекси.

Тема 6.5 Події.

Тема 6.6 Критичні секції.

Розділ 7. Монітори

Тема 7.1 Концепція моніторів

Тема 7.2 Реалізація і застосування моніторів

Розділ 8. Взаємодія процесів через посилання повідомлень.

Тема 8.1 Загальна концепція механізму повідомлень

Тема 8.2 Особливості реалізації і використання механізму повідомлень.

Розділ 9. Розробка програм для паралельних комп'ютерних систем

Тема 9.1 Сокети

Тема 9.2 RPC засоби

Розділ 10. Розробка програм для паралельних та розподілених систем

Тема 10.1 Розробка програм для ПКС СП

Тема 10.2 Розробка програм для ПКС ЛП

Тема 10.3 Розробка програм для РКС

4. Навчальні матеріали та ресурси

4.1 Базова:

1. Жуков І.А., Корочкін О.В. Паралельні та розподілені обчислення. Навч. посібник. Друге видання. – К.: Корнійчук, 2014. – 284 с. Гриф надано МОН України.
<https://comsys.kpi.ua/metodichni-vkazannya-po-disciplinam>
2. Багатоядерне програмування на мові Ада: Англ. мовою [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія», О.В. Корочкін ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,44 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 114 с. Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського.
<https://comsys.kpi.ua/metodichni-vkazannya-po-disciplinam>.
3. Паралельні та розподілені обчислення. Вибрані розділи: Навч. посібник для здобувачів ступеня бакалавр за спеціальністю 123 «Комп'ютерні системи та мережі» / Корочкін О.В., Русанова О.В. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 123с Електронний ресурс. Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 6 від 31.01.2020 р.) за поданням Вченої ради факультету інформатики та обчислювальної техніки (протокол №

- 4 від 25.11.2019 р.) <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/48224>
4. Паралельне програмування. Лабораторний практикум. /Корочкін О.В., – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 32 с. Електронний ресурс. Гриф надано Вченою радою ФІОТ КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 11 від 11.07.2022 р.)
<https://comsys.kpi.ua/metodichni-vkazannya-po-disciplinam>
5. Паралельні та розподілені обчислення. Вибрані розділи: Ada2022 [Електронний ресурс] : навч. посібн. для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Комп'ютерні системи та мережі» спеціальності F7 «Комп'ютерна інженерія» укладачі: О.В.Корочкін, О.В., Русанова, О.Ю.Кулаков; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 17,9 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2026. – 120 с. . Електронний ресурс. Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 6 від 31.01.2020 р.) за поданням Вченої ради факультету інформатики та обчислювальної техніки (протокол № 4 від 25.11.2019 р.)
<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/81639>

4.2 Додаткова:

6. Жуков І.А., Корочкін О.В. Паралельні та розподілені обчислення. Навч. посібник – К.: Корнійчук, 2005. – 226 с. Гриф надано МОН
<https://comsys.kpi.ua/metodichni-vkazannya-po-disciplinam>
7. Loutsky G., Zhukov I., Korochkin A. Parallel Computing. – Kyiv, Kornechuk, 2007. -216 pp. Гриф надано МОН України.
<https://comsys.kpi.ua/metodichni-vkazannya-po-disciplinam>
8. Семеренко, В. П. Технології паралельних обчислень : навчальний посібник. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 104 с. ([Електронний ресурс] - Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/334710599_V_P_Semerenko_TEHNOLO..._OBCISLE_N_Ministerstvo_osviti_i_nauki_Ukraini_Vinnickij_nacionalnij_tehnicnij_universitet.
9. Ringler R. C# Multithreaded and Parallel Programming. Birmingham: Packt Publishing, 2014. – 323с. ([Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.pdfdrive.com/c-multithreaded-and-parallel-programming-develop-powerful-c-applications-to-take-advantage-of-todays-multicore-hardware-e187077213.html>
10. Terrell R. Concurrency in .NET. Shelter Island: Manning, 2018. – 534с. ([Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.pdfdrive.com/concurrency-in-net-modern-patterns-of-concurrency...>
11. Програмне забезпечення високопродуктивних комп'ютерних систем. Конспект лекцій: Навч. посібник для здобувачів ступеня бакалавр за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення» / Корочкін О.В., Русанова О.В., Кулаков Ю.О.– Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 257 с. Електронний ресурс. Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 8 від 19.02.2024 р.)
<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/66519>

4.3 Інформаційні ресурси

1. <https://drive.google.com/drive/folders/16ilvpmuo-lidh18hgDnxwMR0JS6U2nrv>

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 вивчення дисципліни виділено 120 годин/4 кредитів, лекцій 8 годин, лабораторних робіт 8 годин, самостійної роботи 134 годин.

Для досягнення мети навчальної дисципліни слід зосередитись в лекційному матеріалі на особливостях побудови паралельних програм, формуванні паралельних алгоритмів, концепції потоку і її реалізації в сучасних мовах і бібліотеках паралельного

програмування. Особливу увагу необхідно приділити методам і сучасним засобам організації взаємодії потоків.

Мета лабораторних робіт – придбання вмінь та навиків застосування на практиці принципів паралельного (розподіленого) програмування при створенні програм для високопродуктивних комп'ютерних систем з різною структурною організацією.

Лекції (8 годин)

- 1** Тема 1.1 Базові структури ПКС
- 2** Тема 3.4 Паралельні алгоритми рішення основних задач лінійної алгебри
- 3** Тема 4.1 Поняття потоку. Стан потоку. Операції з потоками
- 4** Тема 6.1 Постанова та загальна схема рішення задачі взаємного виключення і синхронізації
- 5** Тема 6.3 Семафори
- 6** Тема 8.1 Загальна концепція механізму повідомлень
- 7** Тема 10.1 Розробка програм для ПКС СП
- 8** Тема 10.2 Розробка програм для ПКС ЛП

Тематика лабораторних робіт:

Лабораторна робота 1. Програмування незалежних потоків (1 год).

Лабораторна робота 2. Програмування взаємодіючих потоків з застосування низькорівневих засобів (семафорів, мютексів, подій, критичних секцій, бар'єрів, атомік змінних) (2 год).

Лабораторна робота 3. Програмування взаємодіючих потоків з застосування моніторів (2 год).

Лабораторна робота 4. Програмування взаємодіючих потоків з застосування бібліотеки OpenMP (1 год).

Лабораторна робота 5. Програмування взаємодіючих потоків з застосування повідомлень (2 год).

6. Самостійна робота здобувача вищої освіти (134 години)

Види самостійної роботи для студентів денної форми навчання (134 годин):

- самостійне опрацювання матеріалів лекцій (40 годин ;
- виконання завдання до лабораторних робіт, розробка програми, оформлення протоколу, підготовка та оброблення проведення розрахунків за первинними даними, отриманими на лабораторних заняттях, оформлення звіту до лабораторної роботи (66 годин);
- підготовка до заліку (6 годин);
- самостійне опрацювання запланованого додаткового теоретичного матеріалу (24 годин).

Теми на самостійне опрацювання

- Тема 1.1. Трансп'ютері системи
- Тема 2.2. Особливості налагодження паралельних програм
- Тема 3.1. Рейтинг високопродуктивних КС
- Тема 3.4. Паралельні алгоритми рішення систем лінійних алгебраїчних рівнянь
- Тема 4.1 Потоки в мові Python
- Тема 4.2. Java. Пули потоків. Керування виконанням потоків
- Тема 6.2. Алгоритми Деккера 3, 4.
- Тема 7.1. Монітори в мові Modula
- Тема 8.1. Бібліотека PVM
- Тема 9.1. Програмування для трансп'ютерних систем. Мова Оккам
- Тема 9.2. Паралельне програмування циклів в OpenMP
- Тема 10.3 Система GLADE як реалізація RPC моделі в мові Ada

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

При зарахування та оцінювання лабораторних робіт (ЛР) 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 контрольних робіт до уваги приймаються:
- Правильність та повнота виконання завдань;
 - Кількість виконаних завдань в умовах обмеженого часу;
 - Самостійність виконання завдань та відсутність ознак плагіату;
 - Використанні оптимальним чином ВСІХ засобів організації взаємодії в мові (бібліотеці) що використовується в ЛР.

При атестації до уваги приймається кількість лабораторних робіт, зарахованих на час проведення атестації. Для першої атестації – дві ЛР, для другої атестації студент повинен виконати всі обрані ЛР, крім останній - ЛР5.

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». З метою забезпечення якісної підготовки здобувачів, дистанційний курс дисципліни розміщено на Платформа дистанційного навчання «Сікорський» (<https://www.sikorsky-distance.org>). 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; перелік завдань та елементів неформальної освіти визначається викладачем заздалегідь і розміщується на платформі дистанційного навчання «Сікорський», про що студенти повідомляються на початку семестру; у цьому випадку здобувач звільняється від виконання відповідних завдань і отримує максимальний бал згідно з рейтинговою системою оцінювання.

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.

Порушення академічної доброчесності: використання плагіату. У разі виявлення фактів використання плагіату під час виконання навчальних завдань, студент втрачає право на подальше виконання поточних завдань у межах навчальної дисципліни до з'ясування обставин порушення.

Студент зобов'язаний аргументовано пояснити причини використання плагіату, а також засвідчити готовність дотримуватись принципів академічної доброчесності в подальшому навчанні (письмово у вигляді пояснювальної записки); повторно виконати завдання або, за потреби, виконати додаткове завдання відповідно до бачення викладача з урахуванням вимог щодо самостійності.

Зазначені дії регламентуються Кодексом честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (<https://kpi.ua/code>).

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

PCO з дисципліни, семестровий контроль з якої передбачений у формі заліку, для очної форми навчання розробляється за типом PCO-1 і включає оцінювання заходів поточного контролю з дисципліни впродовж семестру.

Рейтингова оцінка здобувача складається з балів, отриманих здобувачем за результатами заходів поточного контролю, заохочувальних та штрафних балів.

Здобувачі, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань.

Зі здобувачами, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку менше 60 балів, а також з тими здобувачами, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку, на останньому за розкладом занятті з дисципліни в семестрі викладач проводить семестровий контроль у вигляді співбесіди.

Види контролю з навчальної дисципліни «Паралельні та розподілені обчислення» включають:

Лабораторні роботи:

Заплановано виконання від трьох до п'яти лабораторних робіт (за вибором). Теми лабораторних робіт узгоджені у часі та за змістом з темами лекцій. Виконання

лабораторних робіт у повному обсязі дозволяє набути практичних навичок програмування потоків за допомогою використання сучасних мов та бібліотек паралельного програмування.

Семестровий контроль

Залік (за бажанням) проводиться у вигляді співбесіди зі студентом для об'єктивного визначення рівня знань, умінь та практичних навичок, отриманих за семестр.

Семестровий рейтинг студента складається з балів, які він отримує за види робіт відповідно до таблиці 1.

Таблиця 1 Оцінювання окремих видів навчальної роботи студента (у балах)

Вид навчальної роботи	Всього за видом роботи (мах)
Виконання та захист лабораторної роботи № 1	20
Виконання та захист лабораторної роботи № 2	20
Виконання та захист лабораторної роботи № 3	20
Виконання та захист лабораторної роботи № 4	20
Виконання та захист лабораторної роботи № 5	20
Виконання лабораторних робіт Rл	100
Залік (додатково) у вигляді співбесіди зі студентом (за бажанням) Rз	20
Усього за семестр ($R = Rл + Rз$)	100

Індивідуальний поточний рейтинг студента (**Rл**) складається з балів, які він отримує за виконання і захист лабораторних робіт. Протягом семестру студенти виконують обрану кількість (3-5) лабораторних робіт. Максимальна кількість балів за кожну лабораторну роботу – 20. Бали нараховуються за:

- теоретична складова – 10 балів,
- практична складова – 10 балів.

Максимальний можливий бал за лабораторну роботу – 20 балів. Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи $5 \times 20 = 100$ балів.

Розрахунок розміру шкали (R) рейтингу для отримання заліку

Необхідною умовою допуску студента до заліку (додатково) є його індивідуальний семестровий рейтинг **R** не менший, ніж 60 балів, та відсутність заборгованості з лабораторних робіт. При невиконанні згаданих вимог студент до заліку не допускається.

Семестровий рейтинг розраховується як $R = Rл + Rз$. Якщо студент має $Rл > 59$, то він може не здавати залік.

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру становить:

$R = Rл$, де **Rл** – семестровий рейтинг студента (лише лабораторні роботи).

Таблиця 2 Відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

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

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

В рамках вивчення дисципліни “Паралельні та розподілені обчислення” допускається зарахування балів (до 5 балів), одержаних в результаті дистанційних курсів на платформі “Coursera”, за умови попереднього погодження програми даного курсу з викладачем та за умови отримання офіційного сертифікату.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцент, к.т.н, доцент, Корочкін Олександр Володимирович

Ухвалено кафедрою обчислювальної техніки (протокол № 18 від 24.06.2026 р.)

Погоджено методичною комісією ФІОТ (протокол №12 від 26.06.2026 р.)