



ПРОЕКТУВАННЯ РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	12 Інформаційні технології
Спеціальність	121 Інженерія програмного забезпечення 123 Комп'ютерна інженерія 126 Інформаційні системи та технології
Освітня програма	Інженерія програмного забезпечення комп'ютерних систем Інженерія програмного забезпечення інформаційних систем Інформаційні системи та технології Комп'ютерні системи та мережі
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	2 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	120 годин / 4 кредити ЕКТС (Лекцій 36 годин, Лабораторних занять 18 годин, Самостійна робота студентів 66 годин)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік / МКР
Розклад занять	https://schedule.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: доц. каф. обчислювальної техніки, к.т.н., Волокита Артем Миколайович, volokyta.artem@iit.kpi.ua . ас. каф. ОТ Зоткін Кирило Вікторович, архітектор DataArt, zotkin.kv@pm.me Лабораторні: ас. каф. ОТ, Галицький Данііл Володимирович, daniil.halytskyi@gmail.com
Розміщення курсу	На платформі дистанційного навчання «Сікорський»: https://classroom.google.com/c/NzkyOTU0MTU5NjE0?cjc=l4clccmp

Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна «Проектування розподілених систем» відноситься до дисциплін професійної та практичної підготовки за вибором студентів.

Предметом вивчення навчальної дисципліни є принципи архітектурної побудови розподілених обчислювальних систем, методи організації міжпроцесної комунікації, алгоритми досягнення консенсусу, а також формальні методи моделювання та верифікації (зокрема мережі Петрі та алгебра процесів) для гарантування надійності складних систем.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів комплексу теоретичних знань та практичних навичок щодо проектування складних розподілених рішень, розробки оптимізованих протоколів обміну даними та створення відмовотійких архітектур, здатних функціонувати в умовах нестабільного зв'язку та високих навантажень.

Основними завданнями навчальної дисципліни є:

- вивчення еволюції та сучасних трендів розвитку розподілених обчислювальних систем;
- опанування методів проектування синхронних та асинхронних протоколів взаємодії;
- дослідження алгоритмів вибору лідера та забезпечення цілісності даних у розподілених середовищах;
- застосування математичного апарату мереж Петрі для моделювання паралельних процесів.

Згідно з вимогами освітньої програми, студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі **результати навчання**:

- знання: фундаментальних концепцій розподілених систем, моделей зв'язку (RPC, Message Passing), принципів побудови Mesh-мереж;
- уміння: розробляти власні бінарні протоколи комунікації, проектувати системи з високою доступністю, реалізовувати алгоритми моніторингу та обходу зон обмеженого доступу;
- досвід: використання сучасних фреймворків (gRPC, брокери повідомлень) та засобів формальної специфікації для проектування розподілених компонентів.

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

Пререквізити:

Базові знання з архітектури комп'ютерів, операційних систем, комп'ютерних мереж та алгоритмів і структур даних. Необхідне володіння навичками програмування мовами високого рівня (C++, Go або Python).

Постреквізити

Знання та уміння, одержані в процесі вивчення дисципліни використовуються у дисциплінах "Науково-дослідна практика" та "Виконання магістерської дисертації".

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Архітектурні моделі та концепції сучасних розподілених систем

Тема 1.1. Еволюція та архітектурні підходи до розподілених систем.

Тема 1.2. Сучасні концепції: Edge та Fog computing.

Тема 1.3. Специфічні архітектури: HiveMind та Mesh-мережі.

Тема 1.4. Системи управління в особливих умовах (Battle Management Systems).

Розділ 2. Протоколи взаємодії та оптимізація обміну даними

Тема 2.1. Основи проектування протоколів.

Тема 2.2. Бінарні протоколи та оптимізація трафіку.

Тема 2.3. Механізми надійної доставки та телеметрія.

Розділ 3. Моделювання, алгоритмічне забезпечення та верифікація

Тема 3.1. Формальне моделювання паралельних процесів.

Тема 3.2. Алгоритми в динамічних топологіях.

Тема 3.3. Тестування та верифікація розподіленої логіки.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Матеріали забезпечення курсу на платформі дистанційного навчання «Сікорський»:
<https://classroom.google.com/c/NzkyOTU0MTU5NjE0?cjc=l4clccmp>

2. Tanenbaum A. S., Van Steen M. *Distributed Systems: Principles and Paradigms*. 4th ed. Pearson, 2023. 720 p.
3. Kleppmann M. *Designing Data-Intensive Applications: The Big Ideas Behind Reliable, Scalable, and Maintainable Systems*. O'Reilly Media, 2017. 616 p.
4. Jensen K., Kristensen L. M. *Coloured Petri Nets: Modelling and Analysis of Concurrent Systems*. Springer, 2009. 384 p.

Допоміжна література:

1. Burns B. *Designing Distributed Systems: Patterns and Paradigms for Modern Microservices*. O'Reilly Media, 2018. 166 p.
2. Lamport L. *Time, Clocks, and the Ordering of Events in a Distributed System*. *Communications of the ACM*. 1978. Vol. 21, No. 7. P. 558–565. DOI: 10.1145/359545.359563.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань	Кількість ауд. годин
1-2	Тема 1.1. Еволюція та архітектурні підходи до розподілених систем. План: Історія розвитку; Перехід до децентралізації; Базові поняття; CAP теорема; Моделі консистентності; Опис розподілених систем (функціональні/нефункціональні вимоги, діаграми, WBS)	4
3-4	Тема 1.2. Сучасні концепції та типи архітектур. План: Архітектура граничних обчислень; Модульна модель; Сервіс-Орієнтована модель; Edge/Fog обчислення; microkernel; peer-to-peer модель; Концепція колективного інтелекту.	4
5-6	Тема 1.3. Системи управління в особливих умовах (на прикладі BattleManagementSystems). План: Функціональні вимоги до BMS; Живучість та відмовотійкість; Комунікація у критичних інфраструктурах; DisasterRecovery.	4
7	Тема 2.1. Основи проектування протоколів. План: Життєвий цикл з'єднання; Механізми Ping/Pong; Ініціалізація підключення в нестабільних мережах.	2
8-9	Тема 2.2. Бінарні протоколи та оптимізація трафіку. План: Переваги бінарних форматів над текстовими; Проектування компактних пакетів для умов обмеженого каналу.	4
10-11	Тема 2.3. Механізми надійної доставки та телеметрія. План: Передача телеметрії та командного трафіку; Керування чергами повідомлень на низькому рівні.	4
12-14	Тема 3.1. Формальне моделювання паралельних процесів. План: Мережі Петрі (класичні, часові, кольорові); Алгебра процесів; Верифікація відсутності дедлоків.	6
15-16	Тема 3.2. Алгоритми в динамічних топологіях. План: Алгоритми об'їму зон РЕБ; Моніторинг стану вузлів; Динамічна маршрутизація в Mesh.	4
17-18	Тема 3.3. Тестування та верифікація розподіленої логіки. План: Методи налагодження розподілених систем; Емуляція збоїв (ChaosEngineering) у локальних мережах.	4
	РАЗОМ	36

Лабораторні роботи

№ ЛР	Назва лабораторної роботи	Опис завдання	Кількість ауд. годин
1	ЛР1. Проектування та реалізація вузла розподіленої системи.	Створення базового вузла, реалізація механізмів Ping/Pong та ініціалізації підключення в нестабільному середовищі.	2
2	ЛР2. Розробка власного бінарного протоколу комунікації.	Реалізація серіалізації/десеріалізації команд та телеметрії у бінарному форматі (або протокол на основі Protobuf /Custom Binary) для економії трафіку.	2
3	ЛР3. Моделювання паралельних процесів за допомогою мереж Петрі.	Побудова та аналіз моделі взаємодії вузлів у середовищі PIPE або аналогічному для виявлення дедлоків.	2
4	ЛР4. Емулятор колективного інтелекту (Hive Mind Emulator).	Розробка логіки взаємодії агентів для виконання спільного завдання без централізованого управління.	2
5	ЛР5. Алгоритмічне забезпечення в умовах зміни параметрів зв'язку.	Реалізація алгоритму динамічної зміни параметрів зв'язку.	2
6	ЛР6. Моніторинг та відмовотійкість у Mesh-мережі.	Розробка механізму виявлення відмови вузла та динамічної перебудови топології системи.	2
7	ЛР7. Науково-дослідна робота (НДР)	Глибоке дослідження обраної теми (наприклад, оптимізація HiveMind Mesh) з підготовкою звіту у форматі наукової статті.	6
РАЗОМ			18

Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота (МКР) виконується в кінці семестру за усіма темами, що розглядаються в дисципліні.

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота здобувача включає в себе наступні види роботи

- підготовка до аудиторних занять, проведення розрахунків за первинними даними, отриманими на лабораторних заняттях – 56 годин
- підготовка до модульної контрольної роботи – 4 години
- підготовка до заліку – 6 годин

Загальний обсяг самостійної роботи – 66 годин

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з даної дисципліни.

Правила відвідування занять: Заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на навчальному занятті шляхом нарахування або зниження балів.

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>).

Визнання результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті. Порядок визнання таких результатів регламентується Положенням про визнання результатів навчання, набутих у неформальній / інформальній освіті (<https://osvita.kpi.ua/index.php/node/179>). Можуть бути зараховані окремі змістовні модулі або теми дисципліни. В такому разі здобувач звільняється від виконання відповідних завдань, отримуючи за них максимальний бал відповідно до рейтингової системи оцінювання.

Політика щодо академічної доброчесності. Обов'язковою умовою виконання завдань з освітньої компоненти є дотримання політики та принципів академічної доброчесності (<https://kpi.ua/academic-integrity>), які, у тому числі, викладено у Кодексі честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (<https://kpi.ua/code>), Положенні про систему запобігання академічному плагіату в КПІ ім. Ігоря Сікорського (<https://osvita.kpi.ua/node/47>). У разі виявлення дублювання робіт, плагіату роботи здобувачі отримують нульовий рейтинг.

Політика використання штучного інтелекту. Використання штучного інтелекту (далі, ШІ) регламентується «Політикою використання штучного інтелекту для академічної діяльності в КПІ ім. Ігоря Сікорського» (<https://osvita.kpi.ua/node/1225>). Усі навчальні завдання з дисципліни мають бути результатом власної оригінальної роботи здобувача.

Щодо комунікації. При використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соцмережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та по можливості обмежувати спілкування робочим часом викладача.

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

Поточний контроль: МКР, виконання та захист лабораторних робіт.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: є зарахування всіх лабораторних робіт та модульної контрольної роботи.

Загальна рейтингова оцінка студента складається з балів, отриманих за:

- виконання та захист лабораторних робіт;
- виконання модульної контрольної роботи (МКР).

Лабораторні роботи

На лабораторних роботах студенти перевіряють та демонструють працездатність написаних вдома програм. Для допуску до поточної лабораторної роботи необхідно мати Протокол, оформлений відповідно до норм оформлення технічної документації, який має містити всі необхідні пункти, відповідно до Методичних вказівок. Також для допуску до лабораторної роботи (окрім 1-ї) необхідно захистити попередню. Студенти, що не захистили

попередню лабораторну роботу можуть бути не допущені до виконання наступної. Лабораторні роботи виконуються індивідуально.

Критерії оцінювання кожної лабораторної роботи з ЛР1 - ЛР6:

8-10 балів. Під час виконання завдання студент реалізував як обов'язкову так і опціональну частину завдання. В програмі відсутні помилки. Під час захисту студент надає правильні, повні та чіткі відповіді на поставлені питання.

6-7 балів. Під час виконання завдання студент реалізував лише обов'язкову частину завдання (опціональна частина відсутня). В програмі відсутні помилки. Під час захисту дає неповні відповіді або допускає помилки в незначних деталях.

4-5 балів. Написана студентом програма працює, але містить невідповідності архітектурним патернам, рекомендаціям до оформлення коду, використовує неефективні алгоритми. Під час відповіді на деякі питання студент припускається істотних помилок.

0-3 бали. Програма не написана, не працює, або має грубі порушення в архітектурі. Під час відповіді на питання студент припускається грубих помилок або не може дати відповіді на питання.

Критерії оцінювання лабораторної роботи ЛР7 (НДР):

18-20 балів. Повне, змістовне дослідження за обраною темою. Чітко сформульовані мета, завдання та висновки. Підготовлено звіт у форматі наукової статті. Під час захисту студент надає правильні, повні (не менш ніж 95% потрібної інформації) відповіді на поставлені питання.

15-17 балів. Під час виконання завдання здобувач провів змістовне дослідження, проте є неповний огляд та аналіз існуючих джерел та (або) нечітке формулювання мети, завдань, висновків. Є незначні недоліки у оформленні статті. Під час захисту дає неповні (не менш ніж на 75% потрібної інформації) відповіді або допускає помилки в незначних деталях.

12-14 балів. Дослідження неповне, є помилки у описі виконаної роботи. Під час відповіді на деякі питання студент припускається істотних помилок.

0-11 балів. Дослідження суттєво неповне та (або) зміст звіту та(або) статті не відповідає обраній темі. Під час відповіді на питання студент припускається грубих помилок або не може дати відповіді на питання.

Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота (МКР) виконується на лекційному занятті. Максимальна кількість балів за МКР складає 20 балів

Критерії оцінювання модульної контрольної роботи:

На контрольній роботі студент виконує завдання, яке оцінюється від 0 до 20 балів:

- повна відповідь (не менш ніж 95% потрібної інформації) – 20 балів;
- повна відповідь з незначними помилками або достатньо повна відповідь (не менш ніж на 75% потрібної інформації) – 15-19 балів;
- недостатньо повна відповідь (але не менш ніж 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 10-14 балів;
- неповна відповідь та суттєві помилки – 0-9 балів.

Календарний контроль

Календарний контроль проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Умови позитивного календарного контролю:

—за результатами навчальної роботи на першому календарному контролі студент отримує «атестований», якщо його поточний рейтинг не менше 50% від максимально можливої кількості балів, які студент міг отримати;

—за результатами навчальної роботи на другому календарному контролі студент отримує «атестований», якщо його поточний рейтинг не менше 50% від максимально можливої кількості балів, які студент міг отримати.

Шкала оцінювання видів навчальної роботи

<i>Вид навчальної роботи</i>	<i>Макс. кількість балів</i>
<i>Лабораторна робота 1</i>	<i>10</i>
<i>Лабораторна робота 2</i>	<i>10</i>
<i>Лабораторна робота 3</i>	<i>10</i>
<i>Лабораторна робота 4</i>	<i>10</i>
<i>Лабораторна робота 5</i>	<i>10</i>
<i>Лабораторна робота 6</i>	<i>10</i>
<i>Лабораторна робота 7 (НДР)</i>	<i>20</i>
<i>Модульна контрольна робота</i>	<i>20</i>
<i>Всього за семестр</i>	<i>100</i>

Максимальна сума балів контрольних заходів протягом семестру складає 100 балів.

Семестровий рейтинг студента

Сума балів, які студент отримує за роботу протягом семестру, обчислюється за формулою:

$$R_D = \sum_{i=1}^7 r_{\text{ЛР}i} + r_{\text{МКР}},$$

де: $r_{\text{ЛР}i}$ – бали, отримані за i -ту лабораторну роботу;
 $r_{\text{МКР}}$ – бали за МКР

Семестровий контроль

Умовою допуску до семестрового контролю є зарахування всіх лабораторних робіт та модульної контрольної роботи.

Студенти, які виконали умову допуску та набрали $R_D \geq 60$ балів, отримують підсумкову рейтингову оцінку без потреби проходження заліку. Студенти, які виконали умови допуску, але набрали $R_D < 60$ балів, а також ті, хто бажають підвищити свою рейтингову оцінку, проходять залік, на якому виконують залікову контрольну роботу.

Залік

На заліку студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожен білет оцінюється у 20 балів.

Критерії оцінювання завдання залікової контрольної роботи:

- повна відповідь (не менше 95% потрібної інформації) – 20 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 15-19 балів;
- неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 12-15 балів;
- незадовільна відповідь – 0-11 балів.

У випадку виконання залікової контрольної роботи бали за неї додаються до R_D , а рейтингова оцінка трансформується до університетської системи оцінювання згідно з таблицею.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
<i>95-100</i>	<i>Відмінно</i>
<i>85-94</i>	<i>Дуже добре</i>
<i>75-84</i>	<i>Добре</i>
<i>65-74</i>	<i>Задовільно</i>
<i>60-64</i>	<i>Достатньо</i>
<i>Менше 60</i>	<i>Незадовільно</i>

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: доцент кафедри обчислювальної техніки, к.т.н , Волокита Артем Миколайович,
асистент кафедри обчислювальної техніки Зоткін Кирило Вікторович

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

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 11 від 27.06.2025р)