



Алгоритмічне забезпечення квантових обчислень

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістр)</i>
Галузь знань	<i>12 Інформаційні технології</i>
Спеціальність	<i>F2 Інженерія програмного забезпечення</i>
Освітня програма	<i>Інженерія квантового програмного забезпечення</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)/заочна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, 1 семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>Лекції: 32 год., лабораторні: 28 год., самостійна робота: 90 год. 5 кредитів</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен</i>
Розклад занять	<i>Згідно розкладу на осінній семестр поточного навчального року (rozklad.kpi.ua)</i>
Мова викладання	<i>Українська, англійська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>професор Жаріков Е.В.</i> Практичні / Семінарські: <i>професор Жаріков Е.В., асистент Нагорний М.Ю.</i>
Розміщення курсу	<i>Moodle, Кампус https://do.ipu.kpi.ua/course/view.php?id=8083</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна «Алгоритмічне забезпечення квантових обчислень» є фундаментальним курсом, присвяченим вивченню теоретичних основ та практичних аспектів розробки квантових алгоритмів і програмного забезпечення для квантових комп'ютерів. Курс охоплює ключові поняття квантової фізики та математики, необхідні для розуміння специфіки квантових обчислень, аналізує принципові відмінності між класичними та квантовими обчислювальними системами. Важливою складовою є ознайомлення з класичними квантовими алгоритмами, принципами захисту інформації, корекції помилок, а також методами проектування та оптимізації квантових програм. Особлива увага приділяється практичним аспектам застосування квантових алгоритмів для розв'язання практичних задач оптимізації і перспективам розвитку галузі.

Метою курсу є формування у студентів ґрунтовних знань з теорії квантових обчислень і практичних навичок розробки та оптимізації квантових алгоритмів і

програмного забезпечення, що дозволить їм ефективно працювати у галузі квантового програмування та досліджень.

Для досягнення мети студент повинен:

- опанувати математичний апарат квантових обчислень, включаючи лінійну алгебру, комплексні числа, теорію ймовірностей та статистику;
- вивчити основні поняття квантової фізики: суперпозицію, заплутаність, інтерференцію та концепцію кубіта;
- зрозуміти принципові відмінності між класичними та квантовими обчислювальними системами;
- засвоїти механізми надщільного кодування та квантової телепортації;
- навчитися проектувати квантові алгоритми та схеми, враховуючи складність;
- опанувати класичні квантові алгоритми: Бернштейна-Вазірані, Дойча, Шора, Гровера;
- розвинути навички адаптації існуючих алгоритмів для квантових систем;
- сформувати навички роботи з реальними квантовими системами та симуляторами;
- навчитися критично оцінювати переваги та обмеження квантових підходів;
- підготувати до продовження навчання та досліджень у галузі квантових технологій.

Ці завдання спрямовані на формування системи теоретичних знань, практичних умінь та професійних навичок, необхідних для ефективної роботи у галузі квантового програмування та досліджень.

Мета навчальної дисципліни.

Метою навчальної дисципліни є формування у здобувачів здатностей:

- відлагоджувати та оптимізувати квантові програми;
- використовувати сучасні інструменти квантового програмування;
- опанувати методи квантової корекції помилок та відмовостійких квантових обчислень;
- до самостійного дослідження нових квантових алгоритмів та методів;
- розвинути здатність оцінювати ефективність квантових рішень порівняно з класичними, оцінювати складність алгоритмів;
- застосовувати квантові алгоритми для розв'язання оптимізаційних задач.

Дисципліна формує та закріплює у здобувачів такі загальні та спеціальні (фахові) компетентності: ЗК 01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу. ЗК 02. Здатність спілкуватися іноземною мовою як усно, так і письмово. ЗК 05. Здатність генерувати нові ідеї (креативність). ФК10 Здатність розробляти, аналізувати та оптимізувати квантові алгоритми для вирішення прикладних завдань з урахуванням специфіки квантових обчислювальних моделей (одно- та багатокубітних операцій, унітарних перетворень, вимірювань).

Основні завдання навчальної дисципліни.

- ознайомлення з історією розвитку і сучасним станом квантових обчислень;
- вивчення математичних і фізичних основ квантових обчислень;
- порівняння принципів роботи класичних і квантових комп'ютерів;
- опанування понять кубіта, суперпозиції, заплутаності, інтерференції;
- засвоєння основних квантових протоколів: телепортації, надщільного кодування, розподілу ключів⁴
- аналіз і реалізація класичних квантових алгоритмів (Бернштейна-Вазірані, Дойча, Шора, Гровера);
- вивчення методів корекції квантових помилок та забезпечення відмовостійкості квантових обчислень;
- ознайомлення з процесом проектування, відладки та оптимізації квантових програм;
- розгляд практичних прикладних завдань квантових обчислень, зокрема в галузі оптимізації;
- оцінка перспектив подальшого розвитку квантової обчислювальної техніки та алгоритмічних підходів.

Результати навчання, на формування та покращення яких спрямована дисципліна: ПРН18 Вміти проектувати та застосовувати квантові алгоритми, в тому числі Шора, Гровера, Дойча, VQE, QAOA, та оцінювати їх складність, ефективність і придатність до реалізації на сучасних квантових комп'ютерах або симуляторах.

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

Пререквізитами є: знання Python, основи алгоритмів та структур даних, розуміння часової та просторової складності, знання лінійної алгебри та математичний аналізу. Отримані в результаті засвоєння дисципліни «Алгоритмічне забезпечення квантових обчислень» теоретичні знання та практичні уміння можуть бути корисні для проведення наукових досліджень за темою дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1. Вступ до квантових обчислень. Проблеми створення квантового програмного забезпечення.

Тема 2. Порівняння роботи квантового комп'ютера та класичного комп'ютера.

Тема 3. Математичні основи квантових обчислень: лінійна алгебра, ймовірність, статистика, матриці, комплексні числа.

Тема 4. Основні поняття квантової фізики: Суперпозиція, Заплутаність, Інтерференція, Кубіт.

Тема 5. Надщільне кодування та квантова телепортація.

Тема 6. Проектування квантових алгоритмів і схем. Класи складності.

Тема 7. Класичні квантові алгоритми (Бернштейна Вазірані, Дойча, Шора, Гровера).

Тема 8. Квантовий протокол корекції помилок, відмовостійкі квантові обчислення.

Тема 9. Відладка та оптимізація квантових програм.

Тема 10. Практичне застосування квантових обчислень. Використання квантових алгоритмів для розв'язання оптимізаційних задач, VQE, QAOA.

Тема 11. Перспективи розвитку квантових обчислень, нові квантові алгоритми.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основна література

1. Hidary, J. D. (2021). *Quantum computing: an applied approach* (Vol. 1). Cham, Switzerland: Springer.
2. Nielsen, M. A., & Chuang, I. L. (2010). *Quantum computation and quantum information*. Cambridge university press.
3. Lipton, R. J., & Regan, K. W. (2021). *Introduction to quantum algorithms via linear algebra*. MIT Press.
4. Rieffel, E. G., & Polak, W. H. (2011). *Quantum computing: A gentle introduction*. MIT press.
5. Computing, I. (2023). The Quantum Advantage. *Interference: The History of Optical Interferometry and the Scientists Who Tamed Light*, 359.
6. Strubell, E. (2011). An introduction to quantum algorithms. *COS498 Chawathe Spring, 13*, 19.

Додаткова література

1. Hundt, R. (2022). *Quantum computing for programmers*. Cambridge University Press.
2. Wong, H. Y. (2023). *Introduction to quantum computing: from a layperson to a programmer in 30 steps*. Springer Nature.
3. Chang, W. L., & Vasilakos, A. V. (2021). *Fundamentals of Quantum Programming in IBM's Quantum Computers*. Berlin/Heidelberg, Germany: Springer.
4. Pittenger, A. O. (2012). *An introduction to quantum computing algorithms* (Vol. 19). Springer Science & Business Media.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Структура

Назви розділів і тем	Всього	Лабораторні (комп'ютерний практикум)		
		Лекції		СРС
	150	32	28	90
Тема 1. Вступ до квантових обчислень. Проблеми створення квантового програмного забезпечення.		2		
Тема 2. Порівняння роботи квантового комп'ютера та класичного комп'ютера.		2		

<i>Тема 3. Математичні основи квантових обчислень: лінійна алгебра, ймовірність, статистика, матриці, комплексні числа.</i>		3			
<i>Тема 4. Основні поняття квантової фізики: Суперпозиція, Заплутаність, Інтерференція, Кубіт.</i>		3			
<i>Тема 5. Надщільне кодування та квантова телепортація.</i>		3			
<i>Тема 6. Проектування квантових алгоритмів і схем. Класи складності.</i>		3			
<i>Тема 7. Класичні квантові алгоритми (Бернштейна-Вазірані, Дойча, Шора, Гровера).</i>		3			
<i>Тема 8. Квантовий протокол корекції помилок, відмовостійкі квантові обчислення.</i>		3			
<i>Тема 9. Відладка та оптимізація квантових програм.</i>		3			
<i>Тема 10. Практичне застосування квантових обчислень. Використання квантових алгоритмів для розв'язання оптимізаційних задач.</i>		4			
<i>Тема 11. Перспективи розвитку квантових обчислень, нові квантові алгоритми.</i>		3			
<i>Лабораторна робота 1. Алгоритм Дойча.</i>				2	
<i>Лабораторна робота 2. Пошуковий алгоритм Гровера.</i>				2	
<i>Лабораторна робота 3. Алгоритм Шора.</i>				2	
<i>Лабораторна робота 4. Квантове перетворення Фур'є.</i>				4	
<i>Лабораторна робота 5. Оцінка фази унітарного оператора Quantum Phase Estimation (QPE).</i>				4	
<i>Лабораторна робота 6. Квантова корекція помилок.</i>				4	
<i>Лабораторна робота 7. Моделювання квантової телепортації з тестуванням помилок і шуму.</i>				5	
<i>Лабораторна робота 8. Використання протоколу Quantum Key Distribution (BB84/E91) з моделюванням</i>				5	

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1.	<p><i>Лекція 1. Вступ до квантових обчислень. Проблеми створення квантового програмного забезпечення.</i></p> <p>Вивчаються основні поняття квантових обчислень, історія і сучасний стан галузі, складові квантових комп'ютерів, їх принцип роботи. Також розглядаються труднощі та проблеми розробки квантового ПЗ, класифікація, мови програмування, інформаційна безпека у квантових системах.</p>
2.	<p><i>Лекція 2. Порівняння роботи квантового комп'ютера та класичного комп'ютера.</i></p> <p>Вивчаються відмінності класичних та квантових комп'ютерів у представленні даних (біт vs кубіт), фундаментальні принципи квантової механіки—суперпозиція, заплутаність і як вони впливають на обчислення. Розглядається, в яких задачах квантові комп'ютери принципово швидші.</p>
3.	<p><i>Лекція 3. Математичні основи квантових обчислень: лінійна алгебра, ймовірність, статистика, матриці, комплексні числа.</i></p> <p>Вивчаються основи лінійної алгебри (вектори, матриці, лінійні оператори), операції з комплексними числами, основи теорії ймовірності і статистики. Ці знання необхідні для опису станів кубітів та квантових алгоритмів.</p>
4.	<p><i>Лекція 4. Основні поняття квантової фізики: Суперпозиція, Заплутаність, Інтерференція, Кубіт.</i></p> <p>Глибоке вивчення фізичних феноменів, що лежать в основі квантових обчислень. Пояснення, як кубіт може одночасно бути в декількох станах, як заплутаність сполучає квантові стани, роль інтерференції у формуванні результатів.</p>
5.	<p><i>Лекція 5. Надцільне кодування та квантова телепортація.</i></p> <p>Вивчаються квантові протоколи передачі інформації, які дозволяють кодувати більше інформації на меншу кількість кубітів (надцільне кодування), а також принципи квантової телепортації — передавання квантового стану від одного місця до іншого.</p>
6.	<p><i>Лекція 6. Проектування квантових алгоритмів і схем.</i></p> <p>Розглядаються методи опису квантових алгоритмів через послідовність унітарних перетворень (гейтів), створення логічних схем для квантових обчислень, середовища розробки.</p>
7.	<p><i>Лекція 7. Класичні квантові алгоритми (Бернштейна-Вазірані, Дойча, Шора, Гровера).</i></p> <p>Ознайомлення з найвідомішими квантовими алгоритмами, їх структурою і властивостями. Аналіз задач, які вони розв'язують,</p>

	ефективності і прикладів застосування.
8.	<i>Лекція 8. Квантовий протокол корекції помилок, відмовостійкі квантові обчислення.</i> Вивчаються методи захисту квантової інформації від помилок і шумів, принципи побудови відмовостійких квантових обчислень.
9.	<i>Лекція 9. Відладка та оптимізація квантових програм.</i> Розгляд методів тестування, знаходження і виправлення помилок у квантових алгоритмах, оптимізація схем для підвищення продуктивності.
10.	<i>Лекція 10. Практичне застосування квантових обчислень. Використання квантових алгоритмів для розв'язання оптимізаційних задач.</i> Розглядаються реальні приклади використання квантових алгоритмів, зокрема в задачах оптимізації, моделюванні фізичних процесів, криптографії, VQE, QAOA.
11.	<i>Лекція 11. Перспективи розвитку квантових обчислень, нові квантові алгоритми.</i> Огляд сучасного стану розвитку квантових технологій, нових напрямів у квантових обчисленнях, перспектив появи нових потужних квантових алгоритмів.

Матеріали для вивчення дисципліни розміщені викладачем у системі Moodle платформи дистанційного навчання «Сікорський». Матеріали доступні з мережі Інтернет зареєстрованому на курс слухачеві. Навчальний курс у системі Moodle складається з розділів, кожний з яких містить презентації лекцій, завдання та теоретичний матеріал для виконання комп'ютерного практикуму, URL-посилання на документацію з програмного забезпечення та навчальний матеріал для самостійної роботи відповідно до теми, яка вивчається.

Лекції по дисципліні проводяться викладачем із використанням сучасних мультимедійних презентаційних технологій. На лекціях проводяться експрес-опитування, які дають можливість лектору отримати інформацію про якість засвоєння матеріалу та, за необхідності, розглянути більш детально складний матеріал. Обговорення лекційного матеріалу відбувається також в чаті дисципліни в системі Moodle.

Комп'ютерний практикум

Цикл комп'ютерного практикуму дозволяє одержати практичні навички з моделювання, проектування та створення квантових алгоритмів та схем.

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість ауд. годин
1.	Лабораторна робота 1. Алгоритм Дойча. <i>Метою роботи є дослідити алгоритм Дойча як базову квантову схему для визначення типу двійкової функції. Завдання студенту — реалізувати класичний і квантовий підхід для аналізу функції, порівняти витрати ресурсів, провести моделювання у Qiskit та обґрунтувати переваги</i>	2

	<i>квантового алгоритму.</i>	
2.	Лабораторна робота 2. Пошуковий алгоритм Гровера. <i>Ознайомлення із принципами квантового пошуку та реалізація алгоритму Гровера для знаходження заданого елемента у невпорядкованому масиві. Студент повинен побудувати класичну та квантову алгоритмічну схему, оцінити ефективність і порівняти кількість ітерацій у Qiskit з класичним методом.</i>	2
3.	Лабораторна робота 3. Алгоритм Шора. <i>Реалізація алгоритму Шора для факторизації цілих чисел у квантовому комп'ютері (симуляторі). Студент має розглянути класичний алгоритм факторизації, дослідити квантову схему із застосуванням Quantum Fourier Transform, порівняти результати і зробити висновки щодо масштабування та ефективності.</i>	2
4.	Лабораторна робота 4. Квантове перетворення Фур'є. <i>Аналіз принципів функціонування квантового перетворення Фур'є. Необхідно змодельовати та реалізувати схему QFT у Qiskit для невеликої кількості кубітів, детально описати роботу гейтів Hadamard, CP та SWAP і проаналізувати отримані результати симуляції.</i>	4
5.	Лабораторна робота 5. Оцінка фази унітарного оператора Quantum Phase Estimation (QPE). <i>Вивчення алгоритму оцінки фази унітарного оператора. Завдання включає побудову схеми QPE у Qiskit, аналіз залежності точності від кількості кубітів та опис ролі квантового перетворення Фур'є в цьому процесі.</i>	4
6.	Лабораторна робота 6. Квантова корекція помилок. <i>Ознайомлення з основами квантового машинного навчання, реалізація квантової версії алгоритму класифікації (QSVC) для простого набору даних (наприклад, ірис або рукописні цифри). Завдання - протестувати модель на симуляторі Qiskit, проаналізувати переваги, обмеження та вплив шуму.</i>	4
7.	Лабораторна робота 7. Моделювання квантової телепортації з тестуванням помилок і шуму. <i>Реалізувати протокол квантової телепортації стану кубіта у Qiskit, додати моделювання різних каналів шуму (наприклад, depolarizing, amplitude damping), оцінити стійкість протоколу до шуму та проаналізувати, як корекція помилок може покращити точність передачі.</i>	5
8.	Лабораторна робота 8. Використання протоколу Quantum Key Distribution (BB84/E91) з моделюванням атаки. <i>Моделювання розподілу квантового ключа за BB84 або E91-</i>	5

	<i>протоколом. Моделювання спроби атаки (eavesdropping), аналіз статистики помилок, визначення якості ключа та обґрунтування, як квантова криптографія забезпечує виявлення втручання.</i>	
--	--	--

Лабораторні роботи виконуються з використанням спеціалізованих засобів і технологій, що надаються компанією IBM. Під час їх проведення використовуються методичні вказівки до комп'ютерних практикумів по дисципліні. Здобувач на початку семестру отримує календарний план початку та завершення захисту завдань комп'ютерного практикуму.

6. Самостійна робота студента/здобувача

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1.	Квантова криптографія: принципи та застосування. Вивчення основ квантового захисту інформації, квантового розподілу ключів (QKD) і можливостей побудови стійких до зломів систем.	16
2.	Постквантова криптографія: виклики та рішення. Огляд алгоритмів, які будуть захищені від атак квантових комп'ютерів, підготовка до переходу на такі алгоритми.	14
3.	Фізична реалізація кубітів: технології та матеріали. Огляд технологій створення кубітів: надпровідні кола, іонні пастки, фотонні кубіти, їх переваги і недоліки.	16
4.	Квантові обчислення в машинному навчанні. Вивчення потенційних способів застосування квантових алгоритмів для задач штучного інтелекту і машинного навчання.	16
5.	Квантові симуляції і моделювання фізичних систем. Дослідження використання квантових комп'ютерів для моделювання складних квантових систем у хімії, матеріалознавстві, фізиці конденсованих середовищ.	14
6.	Варіаційні квантові алгоритми і гібридні квантово-класичні методи.	14

Матеріали для самостійного вивчення дисципліни розміщені викладачем в електронному вигляді в системі Moodle платформи дистанційного навчання «Сікорський». До самостійної роботи здобувача відноситься, в основному, виконання завдання комп'ютерного практикуму, робота з документацією, а також опрацювання лекційного та додаткового теоретичного матеріалу за наданими презентаціями лекцій та додатковою літературою.

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Форми організації освітнього процесу, види навчальних занять і оцінювання результатів навчання регламентуються Положенням про організацію освітнього процесу в КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Політика виставлення оцінок: кожна оцінка виставляється відповідно до розроблених викладачем та заздалегідь оголошених здобувачам критеріїв, а також мотивується в індивідуальному порядку на вимогу здобувача; у випадку не виконання здобувачем усіх передбачених навчальним планом видів занять (лабораторних робіт, МКР) до екзамену він не допускається.

Відвідування є обов'язковим (за винятком випадків, коли існує поважна причина). Якщо здобувач не може бути присутнім на заняттях, він все одно несе відповідальність за вивчення матеріалу та виконання лабораторних робіт.

Порядок зарахування пропущених занять. Відпрацювання пропущеного заняття з лекційного курсу здійснюється шляхом підготовки і захисту реферату за відповідною темою у вигляді презентації. Захист реферату відбувається відповідно до графіку консультацій викладача, з яким можна ознайомитись на кафедрі. Відпрацювання пропущеного лабораторного заняття здійснюється шляхом самостійного виконання завдання і його захисту відповідно до графіку консультацій викладача.

Політика академічної поведінки та доброчесності: конфліктні ситуації мають відкрито обговорюватись в академічних групах з викладачем, необхідно бути взаємно толерантним, поважати думку іншого. Плагіат та інші форми нечесної роботи неприпустимі. Всі лабораторні завдання здобувач має виконати самостійно із використанням рекомендованої літератури й отриманих знань та навичок. Цитування в письмових роботах допускається тільки із відповідним посиланням на авторський текст. Недопустимі підказки і списування у ході захисту лабораторних робіт, на модульних контрольних роботах, на екзамені.

Норми академічної етики: дисциплінованість; дотримання субординації; чесність; відповідальність; робота в аудиторії з відключеними мобільними телефонами. Повага один до одного дає можливість ефективніше досягати поставлених командних результатів. При виконанні лабораторних робіт здобувачу потрібен ноутбук, підключений до Інтернет. Якщо ви використовуєте ноутбук чи телефон для аудіо- чи відеозапису, необхідно заздалегідь отримати дозвіл викладача.

Дотримання академічної доброчесності здобувачами та викладачами регламентується кодексом честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут», положення про організацію освітнього процесу в КПІ ім. Ігоря Сікорського

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

Поточний контроль: експрес-опитування, завдання комп'ютерного практикуму (лабораторних робіт).

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

Семестровий контроль: екзамен

Семестровий рейтинг здобувача складається з балів, які він отримує за результатами виконання та захисту лабораторних робіт, МКР та екзамену.

Система рейтингових балів

Практичні навички здобувача оцінюються за результатами захисту виконаних завдань лабораторних робіт. Сумарна оцінка практичних навичок визначається за формулою: $P = \sum D_i$, де D_i – бал за i -ту лабораторну роботу.

Сумарний бал за виконання лабораторних робіт складає **30 балів**. Критерії оцінювання лабораторних робіт включають якість її виконання, захисту та відповідь на запитання.

Екзамен у формі тесту оцінюється 50 балами. МКР складається з результатів тестування знань, отриманих на лекціях, і оцінюється 20 балами. Умови проведення МКР та екзамену визначаються додатково і оголошуються на консультації. МКР та екзамен не переносяться та повторно не проводяться.

Підсумкова оцінка формується за результатами оцінювання знань та навичок студента в семестрі та на екзамені за формулою: $S = P + E + МКР$, де P – сумарна оцінка практичних навичок, E – бал за екзамен.

Для допуску до поточної лабораторної роботи необхідно мати звіт, оформлений відповідно до норм оформлення технічної документації, який має містити всі необхідні пункти, відповідно до методичних вказівок. Також для допуску до лабораторної роботи необхідно захистити попередню роботу. Здобувачі, що не захистили попередню лабораторну роботу, можуть бути не допущені до виконання наступної. Лабораторні роботи виконуються кожним здобувачем індивідуально.

Критерії оцінювання лабораторної роботи (табл. 1):

«відмінно» – повна відповідь на питання (не менше 90% потрібної інформації) та оформлений належним чином протокол до лабораторної роботи;

«добре» – достатньо повна відповідь на питання (не менше 75% потрібної інформації) та оформлений належним чином протокол до лабораторної роботи;

«задовільно» – неповна відповідь на питання (не менше 60% потрібної інформації), незначні помилки та оформлений належним чином протокол до лабораторної роботи;

«незадовільно» – незадовільна відповідь та/або не оформлений належним чином протокол до лабораторної роботи – 0 балів (повертається на відпрацювання або доопрацювання).

Таблиця 1 – Відповідність 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

Для допуску до перескладання екзамену треба у визначений викладачем термін здати всі заборгованості з лабораторних робіт.

Календарний контроль

Календарний контроль (атестація) базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу здобувача не менше 50% від максимально можливого на час атестації. Бал, необхідний для отримання позитивного календарного контролю доводиться до відома здобувачів викладачем не пізніше ніж за 2 тижні до початку календарного контролю.

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

До відомості семестрового контролю викладач заносить рейтингові бали, отримані здобувачем у семестрі.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: д.т.н., професор Жаріков Е.В.

Ухвалено кафедрою інформатики та програмної інженерії (протокол № 16 від 23.06.2025 р.)

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