

**ДЕРЖАВНИЙ ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ**

Система забезпечення якості освітньої діяльності та якості вищої освіти
сертифікована на відповідність ДСТУ ISO 9001:2015 / ISO 9001:2015

ЗАТВЕРДЖЕНО
Вченою радою
(пост. № 14, п. від «25» 04 2024 р.)
Ректор Анатолій МАЗАРАКІ



ПРОГРАМА

**вступного іспиту до аспірантури зі спеціальності
122 Комп'ютерні науки**

Київ 2024

**Розповсюдження і тиражування без офіційного дозволу ДТЕУ
заборонено**

Автори: О.В. Криворучко, доктор техн. наук, проф.,
В.Є. Краскевич, доктор техн. наук, проф.,
В.Ф. Гамалій, доктор фіз.-мат. наук, проф.,
М.І. Цюцюра, доктор техн. наук, проф.,
В.В. Токар, доктор екон. наук, проф.,
О.І. Пурський, доктор фіз.-мат. наук, проф.,
О.А. Харченко, канд. техн. наук, доц.,
В. П. Зверев, канд. техн. наук, с.н.с,
С.Л. Рзаєва, канд. техн. наук, доц.,
А.М. Десятко, PhD-122, доц.,
К.В. Хорольська, PhD-122, ст. викл.

Програму розглянуто і схвалено на засіданні групи забезпечення освітньо-наукової програми третього рівня вищої освіти Комп'ютерні науки 12 квітня 2024 р., протокол № 3.

Рецензенти: А.А. Роскладка, доктор екон. наук, проф.,
Г.О. Максименко, к.т.н., доцент, заступник керівника
служби Головного ситуаційного центру України,
О.В. Корнейко, к.т.н., проф., Президент Громадської
організації «Українська Академія Кібербезпеки»

Програма вступного іспиту

ПРОГРАМА

**вступного іспиту до аспірантури зі спеціальності
122 Комп'ютерні науки**

Автори: КРИВОРУЧКО Олена Володимирівна,
КРАСКЕВИЧ Валерій Євгенійович,
ГАМАЛІЙ Володимир Федорович,
ЦЮЦЮРА Микола Ігорович,
ТОКАР Володимир Володимирович,
ПУРСЬКИЙ Олег Іванович,
ХАРЧЕНКО Олександр Анатолійович,
ЗВЕРЄВ Володимир Павлович,
РЗАЄВА Світлана Леонідівна,
ДЕСЯТКО Альона Миколаївна,
ХОРОЛЬСЬКА Карина Вікторівна

ВСТУП

Зміст програми та форму вступного іспиту обумовлено вимогами Стандарту третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти зі спеціальності 122 Комп'ютерні науки (затверджено та введено в дію наказом Міністерства освіти і науки України від 28.04.2022 р. № 394), зокрема в частині відповідності вхідних компетентностей вступників вихідним компетентностям магістрів зі спеціальності 122 Комп'ютерні науки, визначених стандартом вищої освіти зі спеціальності 122 Комп'ютерні науки для другого (магістерського) рівня вищої освіти (затверджено та введено в дію наказом Міністерства освіти і науки України від 28.04.2022 р. № 393), а саме:

- ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- ЗК02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК03. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.
- ЗК05. Здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями.
- ЗК06. Здатність бути критичним і самокритичним.
- ЗК07. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).
- СК01. Усвідомлення теоретичних засад комп'ютерних наук.
- СК02. Здатність формалізувати предметну область певного проєкту у вигляді відповідної інформаційної моделі.
- СК03. Здатність використовувати математичні методи для аналізу формалізованих моделей предметної області.
- СК04. Здатність збирати і аналізувати дані (включно з великими), для забезпечення якості прийняття проєктних рішень.
- СК05. Здатність розробляти, описувати, аналізувати та оптимізувати архітектурні рішення інформаційних та комп'ютерних систем різного призначення.
- СК06. Здатність застосовувати існуючі і розробляти нові алгоритми розв'язування задач у галузі комп'ютерних наук.
- СК07. Здатність розробляти програмне забезпечення відповідно до сформульованих вимог з урахуванням наявних ресурсів та обмежень.
- СК08. Здатність розробляти і реалізовувати проєкти зі створення програмного забезпечення, у тому числі в непередбачуваних умовах, за нечітких вимог та необхідності застосовувати нові стратегічні підходи, використовувати програмні інструменти для організації командної роботи над проєктом.
- СК09. Здатність розробляти та адмініструвати бази даних та знань.
- СК10. Здатність оцінювати та забезпечувати якість ІТ-проєктів, інформаційних та комп'ютерних систем різного призначення, застосовувати міжнародні стандарти оцінки якості програмного

забезпечення інформаційних та комп'ютерних систем, моделі оцінки зрілості процесів розробки інформаційних та комп'ютерних систем.

СК11. Здатність ініціювати, планувати та реалізовувати процеси розробки інформаційних та комп'ютерних систем та програмного забезпечення, включно з його розробкою, аналізом, тестуванням, системною інтеграцією, впровадженням і супроводом.

Загальна компетентність «ЗК04. Здатність спілкуватися іноземною мовою» зазначеного вище магістерського стандарту перевіряється при складанні вступного іспиту з іноземної мови.

Програма вступного іспиту складається з трьох розділів:

1. Зміст програми вступного іспиту
2. Структура екзаменаційного білету та критерії оцінювання
3. Список рекомендованих джерел

ЗМІСТ ПРОГРАМИ

ТЕМА 1. ОСНОВИ СПЕЦІАЛЬНОСТІ - КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ

Значення інформаційно-комунікаційних технологій для розвитку суспільства. Обчислювальні машини та системи. Сучасний стан і перспективи розвитку комп'ютерних наук та інформаційних технологій. Визначні здобутки та передові наукові комп'ютерні технології. Головні особливості технології наукових досліджень у сфері комп'ютерних наук. Загальна характеристика процесів наукового дослідження. Особливості застосування наукового методу математичного моделювання в комп'ютерних науках. Особливості наукових спостережень і вимірів. Випадковість і невизначеність в наукових дослідженнях. Функції та архітектура програмного забезпечення та інформаційних систем. Надійність програмного забезпечення та інформаційних систем. Типи відмов та аварійних ситуацій у функціонуванні програм та інформаційних систем. Критерії надійності програмних комплексів.

Рекомендовані джерела: 3, 4, 8, 18, 23, 25.

ТЕМА 2. ДИСКРЕТНА МАТЕМАТИКА

Множини. Множини. Потужність множини. Алгебра множин. Декартовий добуток множин. Відношення та їх властивості. Висловлювання. Логічні функції. Алгебра висловлювань. Числення висловлювань. Нормальні форми логічних виразів. Поняття про задачу мінімізації логічних виразів. Тотожно істинні та хибні висловлювання. Повні набори логічних функцій. Предикати. Квантори існування і

загальності. Поняття про числення предикатів. Метод резолюцій. Визначення графа. Графи та бінарні відношення. Теорія графів – блоки, двозв'язність, підграфи. Алгоритми. Загальні емпіричні властивості алгоритмів. Алфавітні оператори та алгоритми. Асоціативні числення. Поняття про проблеми, що не мають алгоритмічного розв'язку. Формальні граматики. Автомати.

Рекомендовані джерела: 12, 15, 17, 19.

ТЕМА 3. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ І СИСТЕМИ. КОРПОРАТИВНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ

Роль і місце інформаційних технологій і систем в управлінні економічними об'єктами, перспективи і напрями їх розвитку, ефективність інформаційних систем. Проблеми впровадження інформаційних технологій на сучасному етапі розвитку економіки і підприємницької діяльності. Інформаційні системи, їх визначення, класифікація. Поняття інформаційної технології.

Поняття, структура і класифікація корпоративних інформаційних (КІС). Сучасні підходи, концепції, стандарти проектування і розвитку корпоративних інформаційних систем. Базові архітектури КІС: клієнт-сервер, інтернет/інтранет, визначення, особливості, переваги, недоліки, доцільність використання. Тенденції і перспективи розвитку архітектури КІС. Архітектура КІС, яка ґрунтується на концепції «складу даних» (*DataWarehouse*) – інтегрованого інформаційного середовища, що включає різноманітні інформаційні ресурси.

Рекомендовані джерела: 3, 6, 16, 17, 24.

ТЕМА 4. ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНЕ ПРОГРАМУВАННЯ. ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Загальні принципи об'єктно-орієнтованого програмування. Реалізація базових принципів і особливостей об'єктно-орієнтованого програмування в різних мовах прикладного програмування. Основні поняття та семантика основних конструкцій мови програмування C#. Система операторів однієї з мов програмування, що вивчались (за вибором). Система типів однієї з мов програмування, що вивчались (за вибором). Стратегії розробки програмного забезпечення згори-униз та знизу-догори з прикладом підпрограми або функції сортування. Призначення та конструкція класів у мові C++/C# або JAVA (за вибором). Наслідування та поліморфізм класів у мові C++/C# або JAVA (за вибором). Типи даних та бібліотеки введення-виведення даних у мові C++/C# або JAVA (за вибором).

Помилки програмного забезпечення. Основні теоретичні положення тестування програмного забезпечення. Специфіка автоматизованого тестування програмного забезпечення. Основи тестування інформаційних систем. Поняття «тестування програмного забезпечення». Критерії тестування. Принципи тестування. Методи тестування. Тестування «білого ящика». Тестування «чорного ящика». Тестування в моделі життєвого циклу розробки програмного забезпечення. Цикли тестування програмного забезпечення. Загальні критерії вибору тестів. Специфіка модульного та інтеграційного тестування програмного забезпечення. Індустріальне тестування. Використання метрик Маккейб, Пратта, Джілбі і Ченіна для оцінки якості програм. Визначення якості програми по Метриці Холстеда.

Рекомендовані джерела: 11, 13, 23.

ТЕМА 5. ОПЕРАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА КОМП'ЮТЕРНІ МЕРЕЖІ. БЕЗПЕКА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ.

Операційні системи: призначення, характеристика, класифікація. Основні функції і складові частини операційних систем. Архітектура операційних систем.

Концепції побудови та класифікація комп'ютерних мереж. Принципи і технології функціонування комп'ютерних мереж. Еталонна модель взаємодії відкритих систем (*Open Systems Interconnection reference model, OSI*). Рівні моделі *OSI* та їх призначення. Процеси і технології передачі даних. Програмне забезпечення комп'ютерних мереж та його компоненти. Мережна операційна система. Концепція інформаційної безпеки корпоративних локальних і розподілених мереж і систем, її нормативні і правові основи. Напрями та підходи до забезпечення захисту ІС.

Рекомендовані джерела: 2, 9, 17, 20.

ТЕМА 6. ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ.

Аналітичний огляд інструментальних засобів і типових задач моделювання: реалізація моделей регресійного аналізу, пошук рішень оптимізаційних та імітаційних моделей тощо. Імітаційне моделювання економічних процесів. Статистичні методи прогнозування економічних процесів у режимі аналізу даних: експонентне згладжування, регресійний аналіз, побудова трендових моделей для прогнозування тощо. Інструментарій вирішення економічних задач оптимізації. Планування модельних експериментів.. Стратегічне планування імітаційного

експерименту. Тактичне планування експерименту. Прикладні засоби імітаційного моделювання.

Рекомендовані джерела: 15, 21, 26.

ТЕМА 7. УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ ТА ПРОГРАМАМИ

Проект як комплекс взаємозалежних процесів, для виконання яких використовуються фінансові, трудові й інформаційні ресурси. Цикл життя проекту та його організація. Стандарт управління проектами. Процеси управління проектом та групи процесів. Управління змістом та часом проекту. Управління якістю та комунікаціями проекту. Метод СРМ та його основні характеристики. Метод PERT. Оптимізація за критеріями вартість – тривалість. Управління портфелем проектів та офіс проекту. Управління проектами зі створення інформаційних систем (програмними продуктами). Пул проекту та обрання організаційної форми. Базові функціональні можливості комп'ютерних систем управління проектами. Характеристики найбільш розповсюджених систем управління проектами, особливості організації і роботи з пакетами. Технології управління проектами на базі комп'ютерної системи *MS Project* (або аналог).

Рекомендовані джерела: 1, 8.

ТЕМА 8. ТЕОРІЯ УПРАВЛІННЯ

Основна задача теорії управління/керування. Критерії цілковитої керованості для лінійних керованих систем. Критерії цілковитої спостережності для лінійних керованих систем. Задача оптимальної стабілізації. Випадкові величини та їх числові характеристики. Основні закони цілочисельних та неперервних випадкових величин. Випадкові функції, основні характеристики випадкових функцій. Марківські процеси: однорідні ланцюги Маркова з обмеженим числом станів, регулярні ланцюги Маркова. Статистичні гіпотези. Перевірка статистичних гіпотез.

Рекомендовані джерела: 7, 11.

ТЕМА 9. ІНТЕГРОВАНІ АНАЛІТИЧНІ СИСТЕМИ

Сучасний підхід і концепції створення інтегрованих аналітичних систем. Концепція «корпоративного сховища даних» (*Data Warehousing*). *OLAP*-технології аналізу багатомірних даних (*On-Line Analytical Processing*). Інтелектуальні аналітичні інформаційні системи: виникнення і розвиток. Класи аналітичних інформаційних систем. Сучасна концепція технології *Data Mining*, інструментарій реалізації в них методів

прикладної статистики, розпізнавання образів, методи штучного інтелекту, теорія баз даних і т. ін.

Рекомендовані джерела: 5, 6, 12, 14.

ТЕМА 10. БАЗИ ДАНИХ ТА ЗНАНЬ. ФУНКЦІОНАЛЬНА МОВА SQL

Поняття: база даних (БД), системи управління базами даних (СУБД) та модель даних. Правила нормалізації. Класичні типи моделей даних та різновиди БД: ієрархічні, сітьові та реляційні. Архітектура системи баз даних. Три рівні архітектури: зовнішній, концептуальний, внутрішній. Відображення. Система управління БД. Система управління передачі БД. Архітектура клієнт-сервер. Утиліти. Розподілена обробка. Реляційна модель. Цілісність реляційних даних. БД підтримки прийняття рішень. Сховище даних. Моделі TransRelational. Три рівня абстракції. Функціональна мова SQL. Категорії операторів SQL. Запити мови SQL для вибірки даних. Концептуальне моделювання предметної області, призначення. Перетворення ER-моделі у реляційну модель даних. Адміністрування баз даних. Створення та ведення баз даних. Підтримка цілісності. Створення та ведення користувачів. Обмеження прав доступу. Захист даних. Резервне копіювання та відновлення. Моделі та концепції проектування баз знань. Структура бази знань. Стратегії здобуття знань. Моделі представлення знань. Подання знань в експертних системах.

Рекомендовані джерела: 10, 21, 22.

ТЕМА 11. РОЗПОДІЛЕНІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ОБЧИСЛЕННЯ

Розподілені інтелектуальні обчислення. Технології підтримки паралельних обчислень. Інтерфейс передачі повідомлень MPI. Засоби доступу до кластерів симетричних мультипроцесорів і середовища GRID, поєднання OpenMP і MPI. Інструментальні засоби створення багатоланкових розподілених додатків на основі таких технологій, як MIDAS, RPS, CORBA та інші. Компонентна модель .Net Framework як платформа проміжного рівня. Розподілені обчислення на платформі .Net Framework. Сервіси та їх інтелектуальна взаємодія. Концепція мікро- і грид-сервісів; сервіси роботи з приладами, сенсорами (Інтернет речей), базою знань; сервіси бізнес-процесів та їх супроводження. Віртуалізація на основі контейнерів і віртуальних машин. Програмні агенти і мультиагентні системи. Проектування і реалізація агентів і мультиагентних систем. Застосування агентів в сервіс-орієнтованих системах. Інтернет як середовище спільного проектування. Розподілені

обчислення і сховища даних. «Віртуалізація» комп'ютерних ресурсів різних типів.

Рекомендовані джерела: 10, 14.

ТЕМА 12. НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ.

Нейронні мережі та їх застосування в інтелектуальних системах. Алгоритми навчання. Архітектура. Математичний опис функціонування нейронної мережі. Властивості НМ BackPropagation і алгоритми навчання градієнтний, генетичний та спряжених градієнтів та їх порівняльний аналіз. Рекурентні нейронні мережі. Алгоритми навчання на основі статистичної теорії прийняття рішень. Ймовірнісні алгоритми адаптації та навчання. Умови збіжності. Основні ідеї та принципи реалізації методу групового урахування аргументів (МГУА). Алгоритми МГУА. Дедуктивний та індуктивний підходи до проблем прийняття рішень. Знаходження моделі оптимальної складності.

Рекомендовані джерела: 6, 14.

Розділ 2 СТРУКТУРА ЕКЗАМЕНАЦІЙНОГО БІЛЕТУ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Екзаменаційний білет складається з двох рівноцінних завдань які передбачають, що здобувач повинен сформулювати основні наукові позиції, розкрити сутність поставленої проблеми, обґрунтувати та висловити власні міркування щодо шляхів її розв'язання в обсязі програми рівня вищої освіти магістра зі спеціальності 122 Комп'ютерні науки. Кожне завдання екзаменаційного білета оцінюється максимально в 50 балів, максимальна сумарна кількість балів письмової компоненти — 100 балів, що містяться у варіативних завданнях.

Критерії оцінювання:

Кожне завдання оцінюється за шкалою від 0 до 50 балів залежно від повноти, правильності та обґрунтованості відповіді у розрізі таких критеріїв:

Завдання 1. Вимагає відповіді на поставлене в екзаменаційному білеті комплексне теоретичне питання, щодо усвідомлення теоретичних засад комп'ютерних наук та здатність розробляти, описувати, аналізувати та оптимізувати архітектурні рішення інформаційних та комп'ютерних систем різного призначення та розробляти алгоритми розв'язування задач у сфері комп'ютерних наук.

<i>Критерій</i>	<i>Бали</i>
здатність запропонувати адекватну модель вирішення завдання у сфері комп'ютерних наук	0-15
здатність згенерувати новітні ідеї в ІТ галузі, які спрямовані на практичну реалізацію інформаційних та комп'ютерних систем	0-15
адекватність, системність, послідовність та обґрунтованість висновків і пропозицій, сформульованих за результатами відповіді на завдання.	0-20

Завдання 2. Вимагає формалізації предметної області певного проєкту у вигляді відповідної інформаційної моделі, використання математичних методів для аналізу формалізованих моделей предметної області. Продемонструвати здатність ініціювати, планувати та реалізовувати процеси розробки інформаційних та комп'ютерних систем та програмного забезпечення, включно з його розробкою, аналізом, тестуванням, системною інтеграцією, впровадженням і супроводом.

<i>Критерій</i>	<i>Бали</i>
спроможність правильно визначити методологічні підходи до вирішення запропонованого завдання, як ІТ-проєкту щодо його формалізації у вигляді інформаційної моделі, математичної або	0-15

графічної моделі.	
здатність багатоваріантного вирішення завдання у сфері комп'ютерних наук щодо розробки та реалізації усього життєвого циклу програмного забезпечення включно з базами даних та знань, у тому числі в непередбачуваних умовах, за нечітких вимог та необхідності застосовувати нові стратегічні підходи.	0-15
здатність оцінювати якість програмного забезпечення інформаційних та комп'ютерних систем та/або якість ІТ-проектів інформаційних та комп'ютерних систем різного призначення, із застосуванням міжнародних систем стандартизації	0-10
здатність багатофакторно оцінювати якість ІТ-продукту як базу даних та/або інформаційну систему, застосовувати моделі оцінки зрілості процесів розробки інформаційних та комп'ютерних систем.	0-10

Особи, які отримали менше 60 балів на вступному іспиті зі спеціальності участі у конкурсі не беруть.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Блага, Н. В. (2021). *Управління проєктами*. Львівський університет внутрішніх справ. URL: <http://surl.li/gsdcp>
2. Брже夫ська, З. М. (2021). *Методика оцінки достовірності інформації в умовах інформаційного протиборства*. Національний університет телекомунікацій. URL: <http://surl.li/snona>
3. Бутенко, Т. А., Сирий, В. М. (2020) *Інформаційні системи та технології*: ХНАУ ім. В.В. Докучаєва. URL: <http://surl.li/qofmv>
4. Бхаттачарджи, А., Ситник, Н. (2022). *Методологія та організація наукових досліджень: дослідження в соціально-економічних науках*. НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського». URL: <http://surl.li/sawsg>
5. Вдовиченко, І. Н., Хоцкіна, В. Б. (2023). *Інтелектуальні системи*. URL: <http://surl.li/snood>
6. Величко, О. М., Гордієнко, Т. Б. (2022). *Інтелектуальні інформаційні системи: структура і застосування*. Олді+. URL: <http://surl.li/snoon>
7. Грицюк, П. М., Ждоші, О. І., Гладка О. М. (2012). *Основи теорії систем і управління*. НУВГП. URL: <http://surl.li/hnqou>
8. Донченко, М. В. (2021). *Технології комп'ютерного проєктування*. Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили. URL: <http://surl.li/snorg>
9. Дудатьєв, А. В., Войтович, О. П. (2021). Інформаційно-аналітичні центри в управлінні інформаційною безпекою держави. Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки, 1, 105-109. DOI: <http://surl.li/snopm>
10. Єремєєв, І. С., Гуйда, О. Г. (2021). *Інтелектуальні системи підготовки рішень*. Гельветика. URL: <http://surl.li/snopr>
11. Жученко, А. І., Ладієва, Л. Р., Піргач, М. С., Жураковський, Я. Ю. (2021). *Математичне моделювання процесів і систем*. URL: <http://surl.li/snopu>
12. Згуровський, М. З., Панкратова, Н. Д. (2021). *Основи системного аналізу* (2-ге вид.). URL: <http://surl.li/snoqd>
13. Крепич, С. Я., Співак, І. Я. (2020). *Якість програмного забезпечення та тестування*. ФОП Паляниця В. А. URL: <http://surl.li/eiwte>
14. Кузьма, К. Т., Мельник, О. В. (2020). *Паралельні та розподілені обчислення*. ФОП Швець В.М. URL: <http://surl.li/pnljs>
15. Лавров, Є. А., Перхун, В. В., Шендрік, В. В., Кузнєцов, Е. Г., Парфененко, Ю. В., Сергієнко, В. А. (2017). *Математичні методи дослідження операцій*. Сумський державний університет. URL: <http://surl.li/snorh>

16. Литвин, В. В., Пасічник, В. В., Яцишин Ю.В. (2020). *Інтелектуальні системи*. Новий Світ – 2000. URL: <http://surl.li/snorn>
17. Мейш, А. В., Матвійчук, О. В. (2020). *Методологія інформаційного захисту* / А. В. Мейш, О. В. Матвійчук. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Економічні науки*, 1, 130-134. URL: <http://surl.li/snorw>
18. Рашкевич, Н. В., Отрош, Ю. А. (2022). *Методологія та організація наукових досліджень*. URL: <http://surl.li/puwhb>
19. Слесарєв, В. В., Новицький, І. В., Ус, С. А. (2023). *Дискретна математика*. НТУ «ДП». URL: <http://surl.li/snost>
20. Стефурак, О. Р., Тихонов, Ю. О., Лаптев, О. А., Зозуля, С. А. (2020). Удосконалення стохастичної моделі з метою визначення загроз пошкодження або несанкціонованого витоку інформації. *Сучасний захист інформації*, 2 (42), 19-26. DOI: <http://surl.li/snotj>
21. Томашевський, В. М. (2005). *Моделювання систем*. Видавнича група ВНУ. URL: <http://surl.li/snotw>
22. Ушенко, Ю. О., Ковальчук, М. Л., Гавриляк, М. С., Негрич, А. Л. (2021). *Методологія інформаційних систем та баз даних: теоретичний і практичний підходи*. URL: <http://surl.li/edwig>
23. Цибульник, С. О., Барандич, К. С. (2022). *Технології розроблення програмного забезпечення. Частина 1. Життєвий цикл програмного забезпечення*. КПІ ім. Ігоря Сікорського. URL: <http://surl.li/snoun>
24. Harold Abelson, Gerald Jay Sussman, Martin Henz and Tobias Wrigstad. *Structure and Interpretation of Computer Programs. JavaScript Edition*. ISBN: 9780262543231, April 12, 2022. The MIT Press. 640 pp.
25. Khan, Koffka. (2023). *Modern Research Methods in Computer Science*. Kindle Direct Publishing. 540pp.
26. Уривський Л.О., Мошинська А.В., Осипчук С.О. *Імітаційне моделювання систем і процесів у телекомунікаціях*. Навч.посібник. КПІ ім. Ігоря Сікорського. 2022.