

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ

Кафедра «Автоматизація виробничих процесів»

“ЗАТВЕРДЖУЮ”
Ректор ДДМА
В.П. Ковальов
“ 09 ” * 2020 року
02070789



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

„КОМП’ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ”

(назва дисципліни)

Галузь знань: 12 «Інформаційні технології»

Спеціальність 123 «Комп’ютерна інженерія»

Освітній рівень – перший (бакалаврський)

ОПП «Комп’ютерні системи та мережі»

Факультет «Машинобудування»

(назва інституту, факультету, відділення)


КРАМАТОРСЬК, 2020

Робоча програма навчальної дисципліни «Комп'ютерне моделювання» для студентів галузі знань 12 «Інформаційні технології» спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія».

Розробники: **Марков О.Є.**, д.т.н., проф.,
Періг О.В., к.т.н., доц.


Погоджено з групою забезпечення освітньої програми (для обов'язкових дисциплін).

Керівник групи забезпечення:


_____ О.В. Суботін, к.т.н., доцент

Розглянуто і затверджено на засіданні кафедри «Автоматизація виробничих процесів», протокол № 10 від 22.06.2020 року.

Завідувач кафедри АВП:


_____ Г.П. Клименко, д.т.н., професор

Розглянуто і затверджено на засіданні Вченої ради факультету машинобудування, протокол № 01 від 31.08.2020 року.

Голова Вченої ради факультету:


_____ В.Д. Кассов, д.т.н., професор

Опис навчальної дисципліни «Комп'ютерне моделювання»

Показники		Галузь знань, спеціальність, ОПП (ОНП), професійне (наукове) спрямування, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
			денна	денна (прискорена)
Кількість кредитів		Галузь знань: 12 «Інформаційні технології». Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія». ОПП «Комп'ютерні системи та мережі»	Обов'язкова дисципліна	
5	3			
Загальна кількість годин				
150	90			
Модулів – 3		РГР 3 [Комп'ютерне моделювання мережних епідемій для класичних моделей]; РГР 4 [Комп'ютерне моделювання мережних епідемій для сучасних моделей]; РГР 5 [Комп'ютерне моделювання гри «збирання сміття» у оперативній пам'яті комп'ютера];	Рік підготовки	
Змістових модулів – 3			4	2
Індивідуальні розрахунково-графічні завдання: РГР 1 [Комп'ютерне моделювання черг в 1-серверних мережах]; РГР 2 [Комп'ютерне моделювання черг в с-серверних мережах];			Семестр	
			7	4
Тижневих годин для <u>денної</u> форми навчання: аудиторних – 4; самостійної роботи студента – 6 (денна); 2,5 (денна прискорена)		Рівень вищої освіти: <u>перший</u> (бакалаврський)	Лекції	
			30	26
			Практичні	
			0	13
			Лабораторні	
			30	13
			Самостійна робота	
			90	38
Вид контролю				
		екзамен	екзамен	

1. Загальні відомості, мета і завдання навчальної дисципліни «Комп'ютерне моделювання»

Освітня компонента **«Комп'ютерне моделювання»** для ОПІ «Комп'ютерні системи та мережі» – це навчальна дисципліна, зосереджена на прикладному інформаційно-математичному описанні, Modelica-акаузальному (та/або {C++}-каузальному) комп'ютерно-алгоритмічному формулюванні та практичному застосуванні кіберфізично-обчислювальних можливостей сучасного відкритого програмного забезпечення (SageMath; JModelica.org; Scilab; OpenModelica; Wolfram Language через Wolfram Cloud; Wolfram|Alpha; GNU Octave; C++; LibreOffice Calc; GNU R; CFEEngine та ін.) до знаходження чисельних (та/або аналітичних) інженерних розв'язків для прикладних математичних моделей таких класів актуальних комп'ютерно-інженерних задач інформаційно-мережної динаміки як (а) **задачі теорії ланцюгів та черг** для інформаційних потоків у високошвидкісних інтернет-каналах (з точки зору теорії мережного трафіку в серверних системах масового обслуговування); (б) **логістичні задачі мережного поширення епідемій** шкідливого програмного забезпечення (з точки зору інформаційно-мережної теорії епідемій для Lotka–Volterra-подібних процесів і систем); та (в) **задачі теорії ігор** (в рамках ігрового опису інформаційно-мережних процесів у людино-машинних системах).

Мета дисципліни «Комп'ютерне моделювання» – формування когнітивних, афективних та моторних компетенцій, а також “твердих” та “м'яких” навичок майбутнього інженера в сфері прикладного математичного моделювання феноменологічної серверно-мережної динаміки інформаційних потоків у сучасних високошвидкісних Інтернет-каналах, добре обізнаного із основними концепціями, підходами, моделями, акаузальними алгоритмами та обчислювальними можливостями актуального відкритого та безкоштовного програмного забезпечення до моделювання мережних процесів та систем.

Завдання дисципліни «Комп'ютерне моделювання»:

– ознайомлення студентів-системотехніків із сучасними міжнародними тенденціями та комп'ютерно-обчислювальними трендами до поступового переосмислення усталених існуючих патернів класичної системно-мережної діяльності фахівця з комп'ютерної інженерії з огляду на швидкий розвиток та безкоштовну доступність потужних обчислювальних можливостей широкого спектру хмарних обчислювальних середовищ (SageMath та Wolfram Language через Wolfram Cloud) та актуальних Modelica-подібних мов акаузального кіберфізичного моделювання складних процесів у мережно-серверних системах;

– розширення професійних уявлень майбутнього фахівця з комп'ютерної інженерії щодо ефективних шляхів прикладного застосування розрахунково-обчислювальних можливостей сучасного відкритого та безкоштовного програмного забезпечення до комп'ютерно-математичного, мехатронного та

кіберфізичного моделювання нелінійних системно-мережних процесів у складних керованих соціально-технічних системах людино-мережної взаємодії;

- ознайомлення старшокурсників із класичними та сучасними підходами, концепціями, методами та Modelica-акаузальними алгоритмами для ефективного комп'ютерно-математичного моделювання режимів функціонування наявного та/або мінімально-модернізованого серверно-мережного обладнання;
- розширення професійних уявлень майбутнього фахівця із комп'ютерних систем та мереж щодо шляхів ефективного інформаційного застосування розрахунково-обчислювальних можливостей сучасного відкритого та безкоштовного акаузального програмного забезпечення до комп'ютерно-математичного, мехатронного, кіберфізичного та ймовірнісно-статистичного моделювання соціально-регламентованих динамічних особливостей нелінійних інформаційно-потоківих процесів у складних багатосерверних техносоціальних інформаційно-мережних системах масового обслуговування;
- докладне дидактичне висвітлення бакалаврам-старшокурсникам 123ї спеціальності широкого спектру прикладних інформаційно-обчислювальних комп'ютерно-мережних задач для регульованих соціально-технічних процесів та систем, безпосередньо пов'язаних з нелінійною феноменологічною та/або статистичною інформаційно-мережною динамікою системно-адміністративних та комп'ютерно-інженерних комунікацій у професійній технічній спільноті для всіх мультидисциплінарних областей адміністративно-менеджерської діяльності на усіх рівнях системно-мережного інжинірингу та адміністрування;
- ознайомлення студентів бакалаврату із комп'ютерно-обчислювальними можливостями інженерно-феноменологічного опису нелінійних соціально-технічних задач мережної динаміки із щоденної практичної діяльності комп'ютерного інженера в рамках широкого застосування найбільш поширених розрахунково-обчислювальних методів теорії черг і ланцюгів, теорії мережних епідемій, теорії графів, теорії ігор та рідинних теорій інтернет потоків даних;
- ознайомлення майбутніх інженерів із міжнародними комп'ютерно-обчислювальними парадигмами, Інтернет-інжиніринговими концепціями, мережно-динамічними критеріями та комп'ютерно-моделювальними підходами до комплексної багаторівневої оцінки якості інформаційно-комунікаційних сервісів та послуг для різних категорій користувачів високошвидкісних Інтернет-каналів та з вітчизняною реалізацією сучасних багатокритеріальних стратегій дотримання якості в роботі фахівця з комп'ютерних систем та мереж;
- ознайомлення майбутніх фахівців з комп'ютерного моделювання мережних процесів та систем із актуальними соціально-етичними проблемами ефективного дотримання міжнародних етичних принципів для успішного забезпечення стандартів сталості, добробуту, робочого комфорту та доброчесності в повсякденній практичній діяльності як інженера з комп'ютерних систем та мереж, так і системно-мережного адміністратора на виробництві;

– ознайомлення студентів-комп'ютерників із людино-центричними та соціально-«м'якими» підходами сучасного комп'ютерного системно-мережного моделювання до постійного розвитку емпатії, комунікабельності, людяності та *soft skills* у професійній спільноті IT-фахівців шляхом соціально-наукової транспозиції нелінійних моделей феноменологічної мережної динаміки;

– ознайомлення студентів зі шляхами становлення та розвитку «твердих» професійних (*hard skills*) та «м'яких» соціально-комунікаційних (*soft skills*) навичок майбутнього фахівця з комп'ютерних систем та мереж;

– додаткове формування у бакалаврів-старшокурсників 123ї спеціальності стійкої та впевненої здатності до алгоритмічно-последовного, акаузально-логічного, інженерно-технічного та системно-мережного творчого мислення; ефективне сприяння успішному становленню належного рівня соціально-менеджерської, інформаційно-професійної та інформаційно-обчислювальної комп'ютерно-мережної культури, а також забезпечення подальшого розширення професійного соціально-технічного кругозору майбутнього інженера-практика в прикладній комп'ютерно-обчислювальній науково-технічній галузі системно-мережної комп'ютерної інженерії інформаційно-мережних потоків даних у високошвидкісних каналах сучасних інформаційно-комунікаційних мереж.

Передумови для ефективного вивчення дисципліни «Комп'ютерне моделювання»: попереднє вивчення студентами 123ї спеціальності дисциплін «Фізика», «Електричні вимірювання та прилади», «Електроніка та комп'ютерна схемотехніка», «Компоненти сучасних комп'ютерних систем», «Основи комп'ютерної інженерії», «Апаратні та програмні засоби комп'ютерної інженерії», «Технологія проектування комп'ютерних систем», «Вища математика», «Чисельні методи і моделювання на ЕОМ», «Основи системного аналізу», «Системи комп'ютерної алгебри», «Теорія ймовірностей, ймовірнісні процеси і математична статистика», «Теорія інформації та кодування», «Теорія алгоритмів та автоматів», «Комп'ютерні технології та програмування», «Інженерія програмного забезпечення», «Системне програмування», «Web-програмування», «Інформаційні мережі», «Технологія програмування складних систем», «Системи штучного інтелекту та інтелектуальний аналіз даних», «Ділова риторика», «Психологія», «Технології психічної саморегуляції та взаємодії», «Соціологія», «Філософія», «Етика та естетика», «Професійна етика», «Інтелектуальна власність», «Історія Української культури», «Політологія» та «Інформаційні війни».

Мова викладання: українська.

Обсяг навчальної дисципліни «Комп'ютерне моделювання» та його розподіл за видами навчальних занять:

– загальний обсяг для **денної форми навчання** становить 150 годин / 5,0 кредитів, в тому числі: лекції – 30 годин, лабораторні роботи – 30 годин, практичні заняття – не плануються, самостійна робота студентів – 90 годин; курсовий проект – планується у обсязі 15 годин практичних занять та 15 годин самостійної роботи упродовж виконання курсової роботи;

– загальний обсяг для денної прискореної форми навчання становить 90 годин / 3,0 кредита, в тому числі: лекції – 26 годин, лабораторні роботи – 13 годин, практичні заняття – 13 годин, самостійна робота студентів – 38 годин; курсовий проект – курсова робота не планується.

2. Програмні результати навчання з дисципліни «Комп'ютерне моделювання»

Освітня компонента «Комп'ютерне моделювання» (ОК26) повинна сформулювати наступні **програмні результати** навчання, що передбачені освітньо-професійною програмою підготовки бакалаврів спеціальності «Комп'ютерна інженерія», які навчаються за ОПП «Комп'ютерні системи та мережі»:

ПР2. Мати знання щодо проведення експериментів, збирання даних та моделювання в комп'ютерних системах;

ПР3. Знати новітні технології в галузі комп'ютерної інженерії;

ПР7. Вміти застосовувати знання для ідентифікації, формулювання і розв'язування технічних задач спеціальності, використовуючи методи, що є найбільш придатними;

ПР13. Вміти ефективно працювати як індивідуально, так і у складі команди для досягнення поставлених цілей;

ПР16. Вміти виконувати експериментальні дослідження за професійною тематикою;

ПР17. Вміти оцінювати отримані результати та аргументовано захищати прийняті рішення;

У результаті вивчення навчальної дисципліни «Комп'ютерне моделювання» студент повинен продемонструвати достатній рівень сформованості певних результатів навчання через здобуття наступних **програмних компетентностей**:

- загальних:

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу;

ЗК2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями;

ЗК8. Здатність працювати в команді;

ЗК13. Здатність застосовувати математичний апарат, а також теоретичні, методичні й алгоритмічні основи інформаційних технологій під час вирішення прикладних і наукових завдань в області інформаційних систем і технологій;

- фахових:

ФК3. Здатність створювати системне та прикладне програмне забезпечення комп'ютерних систем та мереж;

ФК6. Здатність проектувати, впроваджувати та обслуговувати комп'ютерні системи та мережі різного виду та призначення;

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;

ФК15. Здатність аргументувати вибір методів розв'язування спеціалізованих задач, критично оцінювати отримані результати, обґрунтовувати та захищати прийняті рішення;

ФК16. Здатність до математичного та логічного мислення, знання понять, ідей і методів фундаментальної математики та фізики, вміння їх використовувати під час розв'язання конкретних завдань.

У результаті вивчення навчальної дисципліни «Комп'ютерне моделювання» студент повинен продемонструвати достатній рівень сформованості наступних програмних результатів навчання.

В узагальненому вигляді їх можна навести наступним чином:

3.1) *у когнітивній сфері* студент здатний продемонструвати:

– докладне розуміння, загальне усвідомлення та кваліфіковане практичне використання як сучасних феноменологічних і нелінійних динамічних моделей комп'ютерних мереж та інформаційних потоків, так і доступних акаузально-кіберфізичних обчислювальних можливостей безкоштовного та вільного програмного забезпечення (SageMath; JModelica.org; Scilab; OpenModelica; Wolfram Language через Wolfram Cloud; Wolfram|Alpha; GNU Octave; C++; LibreOffice Calc; GNU R; CFEngine та ін.) до формулювання та комплексного розв'язку багаторівневих мережних задач опису та оптимізації інформаційних потоків мережного трафіку з подальшою розробкою практичних рекомендацій щодо налаштування, уточнення, коригування та наступного формулювання ефективних, етичних та дружніх-до-мережного користувача підходів, політик та стратегій системно-мережного обслуговування, моніторингу та адміністрування;

– впевнене вміння адекватно, релевантно, послідовно та творчо застосовувати сучасні методи, стратегії, концепції та підходи комп'ютерно-мережного моделювання в рамках практичної імплементації європейських та міжнародних комп'ютерно-мережних стандартів до оцінки надійності, якості та потокової швидкості передачі даних для інформаційно-комунікаційних послуг;

– впевнену спроможність до докладного, але до певної міри обмеженого аналітично-інформаційного пошуку актуальних комп'ютерно-інженерних трендів, концептів та форм організації процесу комп'ютерно-мережного моніторингу, уважного оброблення та порівняльного аналізу доступної системно-мережної інформації з різних джерел, до індивідуальної побудови логічних та послідовних комп'ютерно-інженерних та технічно-соціальних висновків, усвідомленого використання різноманітного математичного формалізму та комп'ютерного синтаксису в рамках індивідуального прогресу щодо загального розуміння, застосування та творчого переосмислення прикладних детерміністичних, ймовірнісних, статистичних, стохастичних, інформаційних, мережних та кіберфізичних моделей для соціально-технічного

опису нелінійних процесів людино-керованої інформаційно-мережної динаміки;

– вміння кваліфіковано-професійно, якісно, ненав'язливо, алгоритмічно-послідовно, системно-обґрунтовано та людино-центрично забезпечувати постійне дотримання міжнародних інформаційно-технічних, технічно-етичних та технічно-соціальних принципів комп'ютерно-інженерної та системно-мережної доброчесності в рамках всебічного намагання забезпечення ефективного досягнення цілей сталості розвитку та всебічного повсякденного добробуту для усіх учасників інформаційно-мережної спільноти;

– стійку індивідуальну здатність до людино-центричного інформаційно-мережного мислення у новій для себе комп'ютерно-інженерній області; спроможність до об'єктивно-високого рівня комп'ютерно-моделювального, системно-мережного та системно-інженерного прогнозування; здатність до допустимого соціально-технічного узагальнення, успішної багатоітеративної опосередкованості нових мережно-спостережуваних потокових даних та їх трендів, критичного аналізу об'єктивних переваг та наявних недоліків існуючих технічних рішень та технічно-соціальних стратегій в рамках феноменологічного та статистичного мережного аналізу за-замовчуванням, а також креативної творчої оцінки та самостійного синтезу нових оригінальних соціально-технічних ідей та обчислювальних стратегій, а також більш гнучких політик та пропозицій;

– здатність до акаузально-алгоритмічного, прикладного математичного та послідовного логічного мислення; здатність до адекватного та об'єктивно-неупередженого технічно-соціального розуміння, інформаційно-мережного формулювання, системно-динамічної та соціально-мережної інтерпретації, допустимої модифікації та зацікавленого дослідження детерміністичних, ймовірнісних, статистичних та стохастичних прикладних математичних моделей для технічно-соціальних процесів та соціотехнічно-керованих кіберфізичних систем інформаційно-мережної динаміки, статистичної механіки мереж, а також інженерно-технічної та соціально-інженерної продуктивності діяльності комп'ютерного інженера, зокрема дискретних та неперервних акаузальних феноменологічних комп'ютерно-математичних моделей комп'ютерно-мережного моделювання; обґрунтовування раціонального вибору ефективних обчислювальних методів і підходів для каузального та акаузального розв'язування теоретичних і прикладних соціально-технічних інформаційно-комунікаційних задач системного та мережного аналізу в галузі комп'ютерних наук, соціально-технічного інтерпретування отриманих графічних, чисельних та аналітичних результатів в цільових предметних галузях системно-мережного менеджменту та суміжної соціально-технічної динаміки;

– здатність намагатися постійно вчитися в рамках безперервної (постійної) освіти та самоосвіти (*lifelong learning*), послідовно, наполегливо, систематично і цілеспрямовано оволодівати сучасними комп'ютерно-математичними, технічно-соціальними, психологічно-управлінськими,

адміністративно-менеджерськими, комп'ютерно-системними та інформаційно-технічними знаннями; прикладними інформаційно-мережними та комп'ютерно-обчислювальними нелінійними моделями інженерно-соціальної динаміки та системно-мережної ефективності інформаційно-мережних процесів та соціально-керованих управлінських систем; здатність опановувати релевантними та сучасними Modelica-подібними мовами кіберфізичного комп'ютерного програмування; об'єктивно оцінювати та відповідально забезпечувати якість виконуваних індивідуальних розрахунково-обчислювальних, лабораторних та практичних робіт, а також відповідних творчих індивідуальних завдань з комп'ютерного моделювання мереж в рамках формування, становлення та розвитку «твердих» (*hard skills*) та «м'яких» (*soft skills*) навичок майбутніх фахівців з комп'ютерних систем та мереж;

– досягнення здатності до усвідомленого та творчого застосування детерміністичних, ймовірнісних, статистичних та стохастичних прикладних комп'ютерно-математичних аналітичних та обчислювальних моделей для інформаційно-кіберфізичного мережного опису динаміки соціально-керованих та технічно-регульованих соціотехнічних процесів у багаторівневих соціально-технічних системах інформаційно-комунікаційної мережної динаміки та системно-управлінської ефективності інженера-адміністратора відповідно до наявних об'єктивних соціально-технічних умов та існуючих багаторівневих обмежень, в яких наразі практично функціонують усі учасники нелінійної динамічної системи «комп'ютерні інженери інформаційної мережі-користувачі» упродовж індивідуальної реалізації поставлених власних цілей і задач;

– вміння інженерно використовувати, системно-динамічно розробляти та комп'ютерно-обчислювально аналізувати кібернетично-соціальні методи та прикладні комп'ютерно-мережні алгоритми для ефективної машинної обробки узагальнених соціально-технічних даних із широким практичним застосуванням інформаційно-мережних та комунікаційно-обчислювальних можливостей сучасних кіберфізичних мов каузального та акаузального програмування;

– здатність розуміти мультидисциплінарні підходи сучасної комп'ютерно-мережної інформаційно-обчислювальної науки про соціально-технічні дані (*data science*) в рамках підготовки майбутнього переходу до Освіти 4.0 (*Education 4.0*) та Індустрії 4.0 (*Industry 4.0*) в контексті практичного набуття вміння кваліфіковано оброблювати багатофакторні соціальнонаукові дані, згладжувати, інтерполювати, апроксимувати, візуалізовувати, аналізувати, тлумачити та адекватно узагальнювати чисельні, графічні та аналітичні результати системно-мережних, інженерно-технічних досліджень та комп'ютерно-математичного або інформаційно-мережного моделювання керованої соціально-технічної динаміки для соціально-мережних процесів у соціальних та технічно-соціальних системах, а також інженерно переосмислювати та дружньо-до-користувача представляти оброблені соціально-технічні дані для цільової користувачької аудиторії з подальшою

практичною необхідністю наступного докладного клієнто-центричного обґрунтування запропонованого соціально-інформаційного рішення на сучасному інформаційно-технологічному рівні Інтернет-інженерії;

– вміння розробляти авторські оригінальні (та підкріплені результатами власного комп'ютерно-мережного моделювання) системно-інженерні, та мережно-адміністративні підходи для ефективних людино-центричних форм організації комп'ютерно-інженерного та мережно-управлінського процесу із можливою подальшою експериментальною комп'ютерно-інженерною та соціально-інженерною верифікацією раціональних пропозицій управлінсько-мережного авторського підходу в рамках прийняття обґрунтованих рішень щодо здійснення системно-мережного адміністрування високошвидкісними Інтернет-потокami із широким лабораторно-практичним застосуванням комп'ютерно-обчислювальних прогностичних можливостей актуальних та ефективних інформаційно-комунікаційних технологій сучасної комп'ютерної інженерії.

3.2) в афективній сфері студент здатний:

– критично та спокійно осмислювати лекційний, позалекційний, основний та додатковий навчально-практичний та навчально-методичний матеріал; вільно, компетентно, зважено, послідовно, раціонально та без поспіху будувати власну дидактичну аргументацію; обґрунтовано та творчо застосовувати вивчені технічні та соціально-етичні стандарти мережної діяльності комп'ютерного інженера, застосовувати комп'ютерно-аналітичні методи обчислювального системно-мережного адміністрування та сучасні форми ефективної організації інформаційно-комунікаційного процесу у власній комп'ютерно-інженерній та мережно-адміністративній практиці; а також кваліфіковано та творчо застосовувати вивчені детерміністичні, ймовірнісні, статистичні, стохастичні, інформаційно-мережні та кіберфізичні комп'ютерно-математичні моделі керованих соціально-управлінських процесів у соціально-адміністративних та технічно-соціальних мережних динамічних системах в рамках реалізації обчислювально-прогностичного опису керованих режимів нормальної та порушеної інформаційно-мережної динаміки та стійкої системно-динамічної ефективності шляхом побудови інженерно-математичного розв'язання та реалізації подальшого комп'ютерно-мережного, мережно-адміністративного та соціально-управлінського витлумачення одержаних результатів інформаційно-комунікаційного моделювання для комп'ютерно-інженерних задач системно-мережного аналізу та моніторингу керованої динаміки інформаційних потоків;

– успішно розв'язувати прикладні управлінські задачі забезпечення спокійної, врівноваженої, доброзичливої, робочої та дружньої-до-колег робочої атмосфери упродовж виконання обов'язків комп'ютерного інженера та системно-мережного адміністратора в рамках забезпечення формування «твердих» (*hard skills*) та «м'яких» (*soft skills*) навичок в професійній та/або

академічній IT-спільноті із дотриманням принципів сталості (*sustainability*) та добробуту (*wellbeing*) професійного розвитку інформаційної спільноти;

– ефективно та кваліфіковано розв'язувати прикладні соціотехнічні задачі обчислювального та кібернетичного системно-мережного інжинірингу в рамках акаузального комп'ютерно-моделювального опису інформаційно-мережної динаміки соціально-керованих процесів та систем для нормального та порушеного режимів системно-мережного адміністрування шляхом практичного застосування розрахунково-обчислювальних та мережно-моделювальних інформаційно-комунікаційних можливостей акаузальних Modelica-мов сучасного кіберфізичного програмування, у тому числі із комп'ютерно-інженерним застосуванням актуальних хмарних обчислювальних ресурсів;

– регулярно-повсякденно спілкуватися як державною українською, так і міжнародною англійською мовами як усно так і письмово, як на роботі з колегами, так і вдома, як на аудиторних так і на он-лайн заняттях, як на офіційних організаційних заходах, так і упродовж міжособистісного спілкування, як у навчально, так і у науковій міждисциплінарних комунікативних сферах;

– регулярно та ефективно співпрацювати зі студентами-одногопниками та зі своїми викладачами упродовж аудиторних та віддалених занять в процесі дружнього обговорення дидактичних проблемних моментів, що виникають упродовж прослуховування та докладного обговорення лекційних, практичних та лабораторних занять, при авторському виконанні та прилюдному захисті індивідуально-сформульованих творчих соціально-інженерних та розрахунково-обчислювальних завдань з комп'ютерно-обчислювальних питань комп'ютерної інженерії; а також ініціювати та брати участь у предметній дискусії з прикладних освітньо-методологічних питань навчальної дисципліни «**Комп'ютерне моделювання**», причому повною мірою розділяти *integrity*-цінності освітньої, академічної, інституційної та дослідницької доброчесності та етики.

3.3) у психомоторній сфері студент здатний:

– самостійно аналізувати і обґрунтовано оцінювати технічні перспективи та переваги, практичні складнощі та можливі недоліки мережного застосування актуальних комп'ютерно-обчислювальних методів та оптимально вибирати до використання один із існуючих технічних стандартів діяльності інженера для практичної реалізації ефективного та успішного досягнення поточних цілей і задач в рамках залучення найбільш релевантних методів інформаційно-комунікаційних, кіберфізичних та комп'ютерно-інженерних технологій;

– ефективно застосовувати опановані методи комп'ютерного інжинірингу у власній системно-мережній практичній діяльності;

– критично аналізувати і людино-центрично оцінювати ефективність вибору інформаційно-математичних методів та акаузальних комп'ютерних

алгоритмів для розв'язування завдань з системно-мережної динаміки адміністративно-керованих комп'ютерно-інженерних процесів та систем;

– ефективно, креативно та відлагоджено застосовувати комп'ютерно-інженерні методи, а також інформаційно-мережні та кіберфізичні соціотехнічні моделі кібернетичного менеджменту та системно-мережної управлінської ефективності для комп'ютерно-наукового опису нелінійних динамічних процесів у мультиагентних інженерно-соціальних мережних системах;

– успішно контролювати результати власних психолого-педагогічних зусиль в індивідуальному навчальному процесі та ефективно коригувати (за допомогою викладача та студентів-одногогрупників) ці освітні зусилля з метою вчасної ліквідації наявних пробілів у засвоєнні попередньо-вивченого навчального та дидактичного матеріалу або формуванні умінь, вмінь та навичок;

– самостійно та успішно здійснювати літературний пошук, логічну структурну систематизацію, ефективне інженерне узагальнення навчально-методичного матеріалу, самостійно розробляти власні варіанти системно-динамічного формулювання та шляхи методично-грамотного комп'ютерного розв'язування індивідуальних навчальних завдань, а також правильно обирати найбільш раціональні з них.

3. Програма та структура навчальної дисципліни «Комп'ютерне моделювання»

Розподіл обсягу дисципліни «Комп'ютерне моделювання» за видами навчальних занять

Денна прискорена форма навчання – «Комп'ютерне моделювання»

Вид навчальних занять або контролю	Розподіл між учбовими тижнями								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Л – Лекції	2	1	2	1	2	1	2	1	2
П. р. – Практичні роботи	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1
Л. р. – Лабораторні роб.	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5
Сам. робота	2	2	2	2	2	2	2	2	3
Контр. роботи						КР1			
Модулі	Модуль 1					Модуль 2 – ...			
Контроль по модулю	ЛР1 ПР1	ПР2 ЛР2 РГР1	ПР2 ЛР2 РГР1	ПР3 ЛР3	ПР3 ПР4 ЛР3 ЛР4 РГР2	ПР4 ЛР4 КР1	ПР5 ЛР5 РГР3	ПР5 ЛР5 ПР6 ЛР6	ПР6 ЛР6

Вид навчальних занять або контролю	Розподіл між учбовими тижнями								
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Л – Лекції	1	2	1	2	1	2	1	2	
П. р. – Практичні роботи	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	
Л. р. – Лабораторні роб.	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5	0,5
Сам. робота	2	2	2	2	2	2	2	2	3
Контр. роботи				КР2					КР3
Модулі	... – Модуль 2				Модуль 3				
Контроль по модулю	ПР6 ЛР6 ПР7 ЛР7	ПР7 ЛР7 ПР8 ЛР8 РГР4	ПР8 ЛР8 РГР4	РГР4 КР2	ПР9 ЛР9 РГР5	ПР10 ЛР10 РГР6	ПР11 ЛР11 РГР7	ПР10 ПР11 РГР5 РГР6 РГР7	РГР5 РГР6 РГР7 КР3

Денна форма навчання – «Комп'ютерне моделювання»

Вид навчальних занять або контролю	Розподіл між учбовими тижнями								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Л – Лекції	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Л. р. – Лабораторні роб.	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Сам. робота	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Контр. роботи						КР1			
Модулі	Модуль 1					Модуль 2 – ...			
Контроль по модулю	ЛР1	ЛР2 РГР1	ЛР2 РГР1	ЛР3	ЛР3 ЛР4 РГР2	ЛР4 КР1	ЛР5 РГР3	ЛР5 ЛР6	ЛР6
Вид навчальних занять або контролю	Розподіл між учбовими тижнями								
	10	11	12	13	14	15			
Л – Лекції	2	2	2	2	2	2			
Л. р. – Лабораторні роб.	2	2	2	2	2	2			
Сам. робота	6	6	6	6	6	6			
Контр. роботи			КР2			КР3			
Модулі	... – Модуль 2			Модуль 3					
Контроль по модулю	ЛР7	ЛР7 ЛР8 РГР4	ЛР8 РГР4 КР2	ЛР9 РГР5	ЛР10 РГР6	ЛР11 РГР7 КР3			

Л – Лекція; ЛР – лабораторна робота; КР – контрольна робота; РГР – розрахунково-графічна робота; М – модуль; ІСЗ – індивідуальне самостійне завдання.

Розподіл обсягу дисципліни «Комп'ютерне моделювання» за темами навчальних занять для денної форми навчання наведено нижче, причому цифрами в дужках зазначаються години для денної прискореної форми навчання:

Найменування розділів, тем та семестрових атестацій дисципліни «Комп'ютерне моделювання»	Всього	Розподіл за темами та за видами занять					
		Аудиторні заняття				Самостворена робота	
		Всього	Лекції	Лаб.	Практ.	Всього	У т. ч. ІСЗ
Модуль 1. Інформаційні мережі як системи масового обслуговування з затримками (latency) та чергами (queueing)							
<p>Тема 1. Основні статистичні розподіли та їх застосування в задачах моделювання мереж. Інформаційно-обчислювальні підходи Бірнбаума (Birnbaum), Барлоу – Прошана (Barlow-Proschan) та Натвіга (Natvig) до феноменологічного опису надійності мереж. Відкриті (open networks) та закриті (closed networks) мережі. Закон Літла (Little's law) для відкритих (open systems) та закритих мережних систем (closed systems). Термінологія Кляйнрока (Kleinrock) та позначення Кендалла (Kendall's notation) з теорії черг для $A/B/c/K/N_{pop}/Z$-черги. Урахування впливу дисципліни обслуговування на позначення черги для $A/B/c/\infty/\infty/FCFS$-черги (або $A/B/c$-черги або $A/B/c/\infty/\infty/FIFO$-черги).</p>	Для денної форми навчання						
	10	5	3	2	0	5	
	Для денної прискореної форми навчання						
	(6)	(4)	(2)	(1)	(1)	(2)	
<p>Тема 2. Властивості та мережні застосування експоненціального розподілу (exponential distribution) і Пуассонівського процесу. Ланцюги Маркова (Markov chains). Односерверні системи (single server queue) {масового обслуговування} з експоненціальними розподілами Пуассонівських вхідних (Poissonian arrival process) потоків запитів: (MM1) $M/M/1/\infty/\infty/FCFS$-черга (або $M/M/1/\infty/\infty/FIFO$-черга або $M/M/1-$</p>	Для денної форми навчання						
	16	6	3	3	0	10	6
	Для денної прискореної форми навчання						
	(10)	(6)	(3)	(2)	(1)	(4)	(4)

<p>черга) для мережі; (MD1) $M/D/1/\infty/\infty/FCFS$–черга (або $M/D/1/\infty/\infty/FIFO$–черга або $M/D/1$–черга або $M/D/1$–задача Ерланга (1909)) для інформаційної мережі; (MG1) $M/G/1/\infty/\infty/FCFS$–черга (або $M/G/1/\infty/\infty/FIFO$–черга або $M/G/1$–черга або $M/G/1$–задача Поллачека-Хінчіна (<i>Pollaczek-Khinchine</i>) (1930)) для інформаційної мережі; (MM1K) $M/M/1/K/\infty/FCFS$–система з чергами та втратами (або $M/M/1/K/\infty/FIFO$–черга з втратами або $M/M/1/K$–черга); (MM1KK) $M/M/1/K/K/FCFS$–система з чергами та роздумами (або $M/M/1/K/K/FIFO$–черга або $M/M/1/K/K$–черга) для мережі.</p>															
<p>Тема 3. Односерверні (однолінійні) мережні системи з вхідним потоком довільного типу: (DD1) $D/D/1/\infty/\infty/FCFS$–черга (або $D/D/1/\infty/\infty/FIFO$–черга або $D/D/1$–черга) для мережі; (DM1) $D/M/1/\infty/\infty/FCFS$–черга (або $D/M/1/\infty/\infty/FIFO$–черга або $D/M/1$–черга або $D/M/1$–задача Ерланга (1917, 1920)) для інформаційної мережі; (GM1) $G/M/1/\infty/\infty/FCFS$–черга (або $G/M/1/\infty/\infty/FIFO$–черга або $G/M/1$–черга) для інформаційної мережі; (GG1) $G/G/1/\infty/\infty/FCFS$–черга (або $G/G/1/\infty/\infty/FIFO$–черга або $G/G/1$–черга) для мережі; (GD1) $G/D/1/\infty/\infty/FCFS$–черга (або $G/D/1/\infty/\infty/FIFO$–черга або $G/D/1$–черга) для мережі; (DG1) $D/G/1/\infty/\infty/FCFS$–черга (або $D/G/1/\infty/\infty/FIFO$–черга або $D/G/1$–черга) для інформаційної мережі.</p>	<p>Для денної форми навчання</p> <table border="1" data-bbox="943 1032 1385 1077"> <tr> <td>11</td> <td>6</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>0</td> <td>5</td> <td></td> </tr> </table> <p>Для денної прискореної форми навчання</p> <table border="1" data-bbox="943 1256 1385 1301"> <tr> <td>(7)</td> <td>(4)</td> <td>(2)</td> <td>(1)</td> <td>(1)</td> <td>(3)</td> <td></td> </tr> </table>	11	6	3	3	0	5		(7)	(4)	(2)	(1)	(1)	(3)	
11	6	3	3	0	5										
(7)	(4)	(2)	(1)	(1)	(3)										
<p>Тема 4. Багатосерверні системи (server farms) з експоненційними розподілами Пуассонівських потоків запитів: (MMc) $M/M/c/\infty/\infty/FCFS$–черга (або</p>	<p>Для денної форми навчання</p> <table border="1" data-bbox="943 1944 1453 1986"> <tr> <td>16</td> <td>6</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>0</td> <td>10</td> <td>6</td> </tr> </table>	16	6	3	3	0	10	6							
16	6	3	3	0	10	6									

<p>$M/M/c/\infty/\infty/FIFO$–черга або $M/M/c$–черга) для мережі; (MMcc) $M/M/c/c/\infty/FCFS$–система з чергами та втратами (або $M/M/c/c/\infty/FIFO$–черга з втратами або $M/M/c/c$–черга); (MM∞) $M/M/\infty/\infty/\infty/FCFS$–черга (або $M/M/\infty/\infty/\infty/FIFO$–черга або $M/M/\infty$–черга) для мережі.</p>	<p>Для <u>денної прискореної форми навчання</u></p> <table border="1" data-bbox="943 293 1452 338"> <tr> <td>(10)</td> <td>(6)</td> <td>(3)</td> <td>(1)</td> <td>(2)</td> <td>(4)</td> <td>(4)</td> </tr> </table>	(10)	(6)	(3)	(1)	(2)	(4)	(4)							
(10)	(6)	(3)	(1)	(2)	(4)	(4)									
<p align="center">Модуль 2. Поширення епідемій у мережах (Epidemics on networks)</p>															
<p>Тема 5. Основні стани [(S); (PS); (I); (D); (R) та (D*)] для комп’ютерно-мережної інформаційної системи упродовж поширення епідемії: [(S): чутливий {хост} (susceptible) {уразливий до мережного зараження}]; [(PS): прогресуюче чутливий {хост} (progressive susceptible) {прогресуюче уразливий до мережного зараження}]; [(I): інфікований {хост} (infected, infectious), {уражений комп’ютерним хробаком}]; [(D): стан детектування (detected) з вилученням інфікованого хоста з мережі для антивірусного лікування]; [(R): «знезаражений» {хост} (removed, recovered) {із усуненням мережним зараженням}]; [(D*): мережно-«померлий» (мережно-«покійний») {хост} (dead, deceased) {вийшов з ладу}] та відповідні моделі: SI-модель [(SI model)]; SIR-модель [(SIR model)]; SIS-модель [(SIS model)]; SIRS-модель [(SIRS model)]; PSIDR-модель [(PSIDR model)]; SIRD* -модель [(SIRD* model)]. Інформаційно-мережні моделі Кермака-Маккендріка (Kermack–McKendrick) та Кефарта–Уайта (Kephart–White) для поширення комп’ютерних епідемій.</p>	<p>Для <u>денної форми навчання</u></p> <table border="1" data-bbox="943 689 1452 734"> <tr> <td>16</td> <td>6</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>0</td> <td>10</td> <td>6</td> </tr> </table> <p>Для <u>денної прискореної форми навчання</u></p> <table border="1" data-bbox="943 913 1452 958"> <tr> <td>(10)</td> <td>(6)</td> <td>(3)</td> <td>(2)</td> <td>(1)</td> <td>(4)</td> <td>(4)</td> </tr> </table>	16	6	3	3	0	10	6	(10)	(6)	(3)	(2)	(1)	(4)	(4)
16	6	3	3	0	10	6									
(10)	(6)	(3)	(2)	(1)	(4)	(4)									
<p>Тема 6. Додаткові стани [(A); (E) та (Q)] для мережної системи упродовж епідемії: [(A): оснащений антивірусом (antidotal)</p>	<p>Для <u>денної форми навчання</u></p>														

<p>{неінфікований хост зі встановленим антивірусом};</p> <p>[(E): латентно-інфікований {вузол мережі} (exposed) {не поширює вірусу упродовж інкубаційного періоду коли вірус не спричиняє жодної шкоди латентно-інфікованому вузлу}];</p> <p>[(Q): карантинно-ізольований {хост} (quarantined, quarantine)] та відповідні моделі:</p> <p>SAIR-модель [(SAIR model)];</p> <p>SAIRS-модель [(SAIRS model)];</p> <p>SEI-модель [(SEI model)];</p> <p>SEIR-модель [(SEIR model)];</p> <p>SEIS-модель [(SEIS model)];</p> <p>SIQR-модель [(SIQR model)];</p> <p>SIQS-модель [(SIQS model)];</p> <p>SEIQR-модель [(SEIQR model)];</p> <p>SEIRS-модель [(SEIRS model)];</p> <p>SIORS-модель [(SIORS model)];</p> <p>SEIORS-модель [(SEIORS model)].</p>	11	6	3	3	0	5		
<p>Тема 7. Додаткові стани [(M); (V) та (V*)] для комп'ютерно-мережної системи упродовж епідемії:</p> <p>[(M): (maternally-resistant) новий хост-«немовля» з «материнським» пасивним імунітетом (maternally-derived immunity)];</p> <p>[(V): вакцинований {хост} з імунітетом (vaccinated)];</p> <p>[(V*): уразливий {хост} (vulnerable)] та відповідні моделі:</p> <p>MSIR-модель [(MSIR model)];</p> <p>MSEIR-модель [(MSEIR model)];</p> <p>MSEIRS-модель [(MSEIRS model)];</p> <p>SEIQV-модель [(SEIQV model)];</p> <p>V*EISV*-модель [(V*EISV* model)].</p>	Для денної прискореної форми навчання							
	11	6	3	3	0	5		
	Для денної прискореної форми навчання							
	(7)	(4)	(2)	(1)	(1)	(3)		
<p>Тема 8. Інформаційно-мережна модель (Zhou, Wen, Zhao – 2007; https://doi.org/10.1109/ICN.2007.58) для поширення комп'ютерної інфекції активних (active) та гібридних (hybrid) «лагідних» мережних хробаків (benign worms). Інформаційно-мережна двофакторна модель</p>	Для денної форми навчання							
	16	6	3	3	0	10	6	
	Для денної прискореної форми навчання							

<p>(Zou, Gong, Towsley – 2002; https://doi.org/10.1145/586110.586130) для поширення мережних хробаків Code Red типу – Two-factor worm model. Інформаційно-мережна AAWP-аналітична модель (Chen, Gao, Kwiat – 2003; https://doi.org/10.1109/INFCOM.2003.1209211) для поширення активних мережних хробаків – Analytical Active Worm Propagation model.</p>																		
Модуль 3. Ігрові підходи (game theory) до мережного моделювання																		
<p>Тема 9. Застосування обчислювальних можливостей теорії ігор (game theory) до математичного опису найпростішої гри системного адміністрування (system administration game). Застосування теорії ігор до формулювання та розв'язку динамічних задач в рамках ігрового опису перебігу процесу «збирання сміття» у оперативній пам'яті комп'ютера (garbage collection game).</p>	Для <u>денної форми навчання</u>																	
<p>Тема 10. Застосування теорії ігор до формулювання та розв'язку задач змагання або співпраці між двома користувачами в рамках використання наявних серверних ресурсів (competition or cooperation for service?). Застосування теорії ігор до формулювання та розв'язку найпростішої задачі для гри безпеки (security game) у наближеннях нульової суми (zero-sum approximation) та ненульової суми (non-zero sum approximation).</p>	Для <u>денної форми навчання</u>																	
<p>Тема 11. Застосування обчислювальних можливостей теорії ігор до формулювання та розв'язку динамічної задачі для моделі принципала-агента (principal agent model) в рамках мультиагентного моделювання двосторонніх обіцянок (bilateral promises).</p>	Для <u>денної форми навчання</u>																	
Всього для денної форми навчання																		
Всього для <u>денної прискореної форми навч.</u>																		
	(8)	(4)	(2)	(1)	(1)	(4)	(4)											
	14	4	2	2	0	10	6											
	(8)	(4)	(2)	(1)	(1)	(4)	(4)											
	(8)	(4)	(2)	(1)	(1)	(4)	(4)											
	15	5	2	3	0	10	6											
	(10)	(6)	(3)	(1)	(2)	(4)	(4)											
	150	60	30	30	0	90	42											
	(90)	(52)	(26)	(13)	(13)	(38)	(28)											

Лекції з навчальної дисципліни «Комп'ютерне моделювання»

№ лек	Зміст тем, лекцій, дидактичних засобів. Завдання на СРС	Год. (д/дп)	Літ.
Лекційний модуль 1. Інформаційні мережі як системи масового обслуговування з затримками (latency) та чергами (queueing)			
1	<p>Лекція 1: Основні статистичні розподіли та їх застосування в задачах моделювання мереж. Інформаційно-обчислювальні підходи Бірнбаума (Birnbaum), Барлоу – Прошана (Barlow-Proschan) та Натвіга (Natvig) до феноменологічного опису надійності мереж. Відкриті (open networks) та закриті (closed networks) мережі. Закон Літтла (Little's law) для відкритих (open systems) та закритих мережних систем (closed systems). Термінологія Кляйнрока (Kleinrock) та позначення Кендалла (Kendall's notation) з теорії черг для $A/B/c/K/N_{pop}/Z$-черги. Урахування впливу дисципліни обслуговування на позначення черги для $A/B/c/\infty/\infty/FCFS$-черги (або $A/B/c/\infty/\infty/FIFO$-черги або $A/B/c$-черги).</p> <p><i>Застосовуються авторські слайди оригінальних PowerPoint презентацій та мультимедійний проектор.</i></p> <p>СРС1. Неперервний рівномірний розподіл випадкової величини</p>	3(д) — 2(дп)	[1], [3], [4], [6], [9], [11], [12], [13], [14], [18], [21], [23], [25], [28], [30]
2	<p>Лекція 2. Властивості та мережні застосування експоненціального розподілу (exponential distribution) і Пуассонівського процесу. Ланцюги Маркова (Markov chains). Односерверні системи (single server queue) {масового обслуговування} з експоненціальними розподілами Пуассонівських вхідних (Poissonian arrival process) потоків запитів: (MM1) $M/M/1/\infty/\infty/FCFS$-черга (або $M/M/1/\infty/\infty/FIFO$-черга або $M/M/1$-черга) для мережі; (MD1) $M/D/1/\infty/\infty/FCFS$-черга (або $M/D/1/\infty/\infty/FIFO$-черга або $M/D/1$-черга або $M/D/1$-задача Ерланга (1909)) для інформаційної мережі; (MG1) $M/G/1/\infty/\infty/FCFS$-черга (або $M/G/1/\infty/\infty/FIFO$-черга або $M/G/1$-черга або $M/G/1$-задача Поллачека-Хінчіна (<i>Pollaczek-Khinchine</i>) (1930)) для інформаційної мережі; (MM1K) $M/M/1/K/\infty/FCFS$-система з чергами та втратами (або $M/M/1/K/\infty/FIFO$-черга з втратами або $M/M/1/K$-черга); (MM1KK) $M/M/1/K/K/FCFS$-система з чергами та роздумами (або $M/M/1/K/K/FIFO$-черга або $M/M/1/K/K$-черга).</p> <p><i>Застосовуються авторські слайди оригінальних PowerPoint презентацій та мультимедійний проектор.</i></p> <p>СРС2. Експоненційний розподіл випадкової величини</p>	3(д) — 3(дп)	[1], [3], [4], [6], [9], [11], [12], [13], [14], [18], [21], [23], [25], [28], [30]

3	<p>Лекція 3. Односерверні (однолінійні) мережні системи з вхідним потоком довільного типу: (DD1) $D/D/1/\infty/\infty/FCFS$-черга (або $D/D/1/\infty/\infty/FIFO$-черга або $D/D/1$-черга) для мережі; (DM1) $D/M/1/\infty/\infty/FCFS$-черга (або $D/M/1/\infty/\infty/FIFO$-черга або $D/M/1$-черга або $D/M/1$-задача Ерланга (1917, 1920)) для інформаційної мережі; (GM1) $G/M/1/\infty/\infty/FCFS$-черга (або $G/M/1/\infty/\infty/FIFO$-черга або $G/M/1$-черга) для інформаційної мережі; (GG1) $G/G/1/\infty/\infty/FCFS$-черга (або $G/G/1/\infty/\infty/FIFO$-черга або $G/G/1$-черга) для мережі; (GD1) $G/D/1/\infty/\infty/FCFS$-черга (або $G/D/1/\infty/\infty/FIFO$-черга або $G/D/1$-черга) для мережі; (DG1) $D/G/1/\infty/\infty/FCFS$-черга (або $D/G/1/\infty/\infty/FIFO$-черга або $D/G/1$-черга) для інформаційної мережі.</p> <p><i>Застосовуються авторські слайди оригінальних PowerPoint презентацій та мультимедійний проектор.</i></p> <p>CPC3. Розподіл Пуассона (Poisson)</p>	<p>3(д) — 2(дп)</p>	<p>[1], [3], [4], [6], [9], [11], [12], [13], [14], [18], [21], [23], [25], [28], [30]</p>
4	<p>Лекція 4. Багатосерверні системи (server farms) з експоненційними розподілами Пуассонівських потоків запитів: (MMc) $M/M/c/\infty/\infty/FCFS$-черга (або $M/M/c/\infty/\infty/FIFO$-черга або $M/M/c$-черга) для мережі; (MMcc) $M/M/c/c/\infty/\infty/FCFS$-система з чергами та втратами (або $M/M/c/c/\infty/\infty/FIFO$-черга з втратами або $M/M/c/c$-черга); (MM∞) $M/M/\infty/\infty/\infty/FCFS$-черга (або $M/M/\infty/\infty/\infty/FIFO$-черга або $M/M/\infty$-черга) для мережі.</p> <p><i>Застосовуються авторські слайди оригінальних PowerPoint презентацій та мультимедійний проектор.</i></p> <p>CPC4. Розподіл Парето (Pareto distribution)</p>	<p>3(д) — 3(дп)</p>	<p>[1], [3], [4], [6], [9], [11], [12], [13], [14], [18], [21]</p>
Лекційний модуль 2. Поширення епідемій у мережах (Epidemics on networks)			
5	<p>Лекція 5. Основні стани [(S); (PS); (I); (D); (R) та (D[*])] для комп'ютерно-мережної інформаційної системи упродовж поширення епідемії: [(S): чутливий {хост} (susceptible) {уразливий до мережного зараження}]; [(PS): прогресуюче чутливий {хост} (progressive susceptible) {прогресуюче уразливий до мережного зараження}]; [(I): інфікований {хост} (infected, infectious), {уражений комп'ютерним хробаком}]; [(D): стан детектування (detected) з вилученням інфікованого хоста з мережі для антивірусного лікування]; [(R): «знезаражений» {хост} (removed, recovered) {із усуненим мережним зараженням}]; [(D[*]): мережно-«померлий» (мережно-«покійний») {хост} (dead, deceased) {вийшов з ладу}] та відповідні моделі: SI-модель [(SI model)]; SIR-модель [(SIR model)]; SIS-модель [(SIS model)]; SIRS-модель [(SIRS model)]; PSIDR-модель [(PSIDR model)]; SIRD -модель</p>	<p>3(д) — 3(дп)</p>	<p>[3], [4], [8], [10], [31]</p>

	<p>[(SIRD* model)]. Інформаційно-мережні моделі Кермака-Маккендріка (Kermack–McKendrick) та Кефарта–Уайта (Kephart–White) для поширення комп'ютерних епідемій. <i>Застосовуються авторські слайди оригінальних PowerPoint презентацій та мультимедійний проектор.</i> CPC5. Логістичне рівняння (рівняння Ферхюльста)</p>		
6	<p>Лекція 6. Додаткові стани [(A); (E) та (Q)] для мережної системи упродовж епідемії: [(A): оснащений антивірусом (antidotal) {неінфікований хост зі встановленим антивірусом}); [(E): латентно-інфікований (exposed) {не поширює вірусу упродовж інкубаційного періоду коли вірус не спричиняє жодної шкоди латентно-інфікованому вузлу}); [(Q): карантинно-ізолюваний (quarantined, quarantine)] та відповідні моделі: SAIR-модель [(SAIR model)]; SAIRS-модель [(SAIRS model)]; SEI-модель [(SEI model)]; SEIR-модель [(SEIR model)]; SEIS-модель [(SEIS model)]; SIQR-модель [(SIQR model)]; SIQS-модель [(SIQS model)]; SEIQR-модель [(SEIQR model)]; SEIRS-модель [(SEIRS model)]; SIQRS-модель [(SIQRS model)]; SEIQRS-модель [(SEIQRS model)]. <i>Застосовуються авторські слайди оригінальних PowerPoint презентацій та мультимедійний проектор.</i> CPC6. Модель Лотки-Вольтерри (Вольтерра) {Lotka–Volterra}</p>	3(д) — 2(дп)	[3], [4], [8], [10], [31]
7	<p>Лекція 7. Додаткові стани [(M); (V) та (V*)] для комп'ютерно-мережної системи упродовж епідемії: [(M): (maternally-resistant) новий хост-«немовля» з «материнським» пасивним імунітетом (maternally-derived immunity)]; [(V): вакцинований (vaccinated) {хост} з імунітетом (vaccinated)]; [(V*): уразливий (vulnerable)] та відповідні моделі: MSIR-модель [(MSIR model)]; MSEIR-модель [(MSEIR model)]; MSEIRS-модель [(MSEIRS model)]; SEIQV-модель [(SEIQV model)]; V*EISV*-модель [(V*EISV* model)]. <i>Застосовуються авторські слайди оригінальних PowerPoint презентацій та мультимедійний проектор.</i> CPC7. Модель Кермака-Маккендріка (Kermack–McKendrick)</p>	3(д) — 2(дп)	[3], [4], [8], [10], [31]
8	<p>Лекція 8. Інформаційно-мережна модель (Zhou, Wen, Zhao – 2007; https://doi.org/10.1109/ICN.2007.58) для поширення комп'ютерної інфекції активних (active) та гібридних (hybrid) «лагідних» мережних хробаків (benign worms). Інформаційно-мережна двофакторна модель (Zou, Gong, Towsley – 2002; https://doi.org/10.1145/586110.586130) для поширення мережних хробаків Code Red типу – Two-factor worm model. Інформаційно-мережна AAWP-аналітична модель</p>	3(д) — 2(дп)	[3], [4], [8], [10], [31]

	(Chen, Gao, Kwiat – 2003; https://doi.org/10.1109/INFCOM.2003.1209211) для поширення активних мережних хробаків – Analytical Active Worm Propagation model . Застосовуються авторські слайди оригінальних PowerPoint презентацій та мультимедійний проектор. CPC8. Модель Кефарта–Уайта (<i>Kephart–White</i>)		
Лекційний модуль 3. Ігрові підходи (game theory) до мережного моделювання			
9	Лекція 9. Застосування обчислювальних можливостей теорії ігор (game theory) до комп'ютерного моделювання найпростішої гри системного адміністрування (system administration game). Застосування теорії ігор до формулювання та комп'ютерного розв'язку динамічних задач в рамках ігрового опису перебігу процесу «збирання сміття» у оперативній пам'яті комп'ютера (garbage collection game). Застосовуються авторські слайди оригінальних PowerPoint презентацій та мультимедійний проектор. CPC9. Нормальний розподіл Гауса (Гауса, Gaussian)	2(д) — 2(дп)	[1], [3], [4], [31], [32]
10	Лекція 10. Застосування теорії ігор до формулювання та комп'ютерного розв'язку задач змагання або співпраці між двома користувачами в рамках використання наявних серверних ресурсів (competition or cooperation for service?). Застосування теорії ігор до формулювання та комп'ютерного розв'язку найпростішої задачі для гри безпеки (security game) у наближеннях нульової суми (zero-sum approximation) та ненульової суми (non-zero sum approximation). Застосовуються авторські слайди оригінальних PowerPoint презентацій та мультимедійний проектор. CPC10. Основні положення та оцінки теорії якості технічних процесів та систем у застосуванні до моделювання мереж	2(д) — 2(дп)	[1], [3], [4], [31], [32]
11	Лекція 11. Застосування обчислювальних можливостей теорії ігор до формулювання та комп'ютерного розв'язку динамічної задачі для моделі принципала-агента (principal agent model) в рамках мультиагентного моделювання двосторонніх обіцянок (bilateral promises). Застосовуються авторські слайди оригінальних PowerPoint презентацій та мультимедійний проектор. CPC11. Матриці суміжності (<i>adjacency matrix</i>) та інцидентності (<i>incidence matrix</i>) для задання графа інформаційної мережі	2(д) — 3(дп)	[1], [3], [4], [31], [32]
Усього лекційних годин з дисципліни «Комп'ютерне моделювання» для денної форми навчання		30 (д)	
Усього лекційних годин з дисципліни «Комп'ютерне моделювання» для денної прискореної форми навчання		26 (дп)	

Теми практичних занять з навчальної дисципліни «Комп'ютерне моделювання» для **денної прискореної форми навчання**

№ Роб	№ Теми	Год. (дп)	Найменування <u>практичних занять</u> з дисципліни «Комп'ютерне моделювання» для <u>денної прискореної форми навчання</u>	Література
<u>Практичний модуль 1.</u> Інформаційні мережі як системи масового обслуговування з затримками (<u>latency</u>) та чергами (<u>queueing</u>)				
1	1	1 (дп)	Докладне аудиторне обговорення, інженерна постановка і математичне формулювання наближених неперервних співвідношень та розв'язання найпростіших задач щодо практичного застосування концепцій і моделей теорії надійності до оцінки надійності операційної системи та програмного забезпечення. Приклад застосування системно-динамічного аналізу до оцінки ймовірності роботи трьохрівневої системи Веб сайту (3 tier web site system), яка складається з Веб-сервера, PHP-застосунку та відповідної бази даних. Приклади практичного застосування, обчислення та графічної візуалізації для міри Бірнбаума (<i>Birnbaum measure</i>), міри Барлоу – Прошана (<i>Barlow–Proschan measure</i>), міри Натвіга (<i>Natvig measure</i>) в рамках стохастичного опису надійності серверно-мережних комп'ютерно-інженерних систем.	[3], [4], [8], [10], [22], [23], [30], [31], [32]
2	2	1 (дп)	Докладне аудиторне обговорення, інженерна постановка, математичне формулювання на основі положень теорії черг і аналітичні обчислювальні приклади практичного мережного застосування таких моделей <u>односерверних систем</u> як $M/M/1$, $M/D/1$, $M/G/1$, $M/M/1/K$ та $M/M/1/K/K$ - <u>типів</u> з експоненціальними розподілами Пуассонівських <u>вхідних (Poissonian arrival process) потоків</u> запитів до побудови чисельної оцінки часу затримок із серверною відповіддю на дії користувача.	[1], [3], [4], [6], [9], [11], [12], [13], [18]
3	3	1 (дп)	Докладне аудиторне обговорення, інженерна постановка, математичне формулювання на основі положень теорії черг і аналітичні обчислювальні приклади практичного мережного застосування таких моделей <u>односерверних систем</u> як $D/D/1$, $D/M/1$, $G/M/1$, $G/G/1$, $G/D/1$ та $D/G/1$ - <u>типів</u> з <u>вхідним потоком запитів довільного типу</u> до побудови чисельної оцінки часу затримок із серверною відповіддю на мережні дії користувача.	[1], [3], [4], [6], [9], [11], [12], [13]

4	4	2 (дп)	Докладне аудиторне обговорення, інженерна постановка, математичне формулювання на основі положень теорії черг і аналітичні обчислювальні приклади практичного мережного застосування таких моделей <u>c-серверних систем (server farms)</u> як $M/M/c$, $M/M/c/c$ та $M/M/\infty$ - <u>типів</u> з експоненціальними розподілами Пуассонівських <u>вхідних (Poissonian arrival process)</u> потоків запитів до побудови чисельної оцінки часу затримок із серверною відповіддю на дії мережного користувача.	[1], [3], [4], [6], [9], [11], [12], [13], [18]
Практичний модуль 2. Поширення епідемій у мережах (Epidemics on networks)				
5	5	1 (дп)	Докладне ознайомлення цільової студентської аудиторії з інформаційно-мережною термінологією; математичним синтаксисом; наявними ідеалізованими припущеннями; аналітичним, акаузальним і розрахунково-комп'ютерним формулюванням та обчислювальними особливостями для наступних найпростіших логістичних (<i>logistic function</i>) моделей поширення комп'ютерно-мережних інфекцій: [SI-модель = <u>susceptible–infected (infectious)</u> model]; [класична модель <u>Кермака-Маккендріка (Kermack–McKendrick)-1927</u>]; [SIR-модель = <u>susceptible – infected (infectious) – removed (recovered)</u> model = {неінфікований хост, <u>S-уразливий (S-сприйнятливий, S-чутливий)</u> до мережного зараження} – { <u>I-інфікований хост, I-уражений</u> мережним хробаком (черв'яком)} – { <u>R-«знешкоджений» R-«зnezаражений»</u> хост із <u>R-усуненим</u> мережним зараженням)]; та більш «сучасна» комп'ютерно-мережна модель <u>Кефарта–Уайта (Kephart–White)-1991</u> .	[3], [4], [8], [10], [31]
6	6	1 (дп)	Докладне ознайомлення цільової студентської аудиторії з інформаційно-мережною термінологією; математичним синтаксисом; наявними ідеалізованими припущеннями; аналітичним, акаузальним і розрахунково-комп'ютерним формулюванням та обчислювальними особливостями для ряду наступних складніших логістичних (<i>logistic function</i>) моделей поширення комп'ютерно-мережних інфекцій: [SAIRS-модель = <u>susceptible – antidotal</u> {неінфікований хост зі <u>встановленим A-антивірусом</u> } – <u>infected (infectious) – removed – susceptible</u> {неінфікований хост, повторно <u>S-уразливий</u> (повторно <u>S-сприйнятливий</u> , повторно <u>S-чутливий</u>) до наступного зараження} model]	[3], [4], [8], [10], [31]

			та [SEIQRS-модель = susceptible – exposed { Е-латентний стан інфікування вузла мережі, який є Е-латентно-інфікованим , але « Е- » не поширює вірусу, коли хробак вже інфікував вразливий вузол інформаційної мережі і одразу перейшов у Е-інкубаційний період , упродовж якого вірус не спричиняє жодної шкоди інфікованому вузлу} – infected (infectious) – quarantined (quarantine) { Q-карантинний (Q-ізольований) хост } – recovered { Р-«відновлений» (Р-«вилікуваний») хост із Р-всуненим (Р-«знешкодженим», Р-«зnezараженим») комп'ютерно-мережним зараженням} - susceptible model].	
7	7	1 (дп)	Докладне ознайомлення цільової студентської аудиторії з інформаційно-мережною термінологією; математичним синтаксисом; наявними ідеалізованими припущеннями; аналітичним, акаузальним і розрахунково-комп'ютерним формулюванням та обчислювальними особливостями для ряду наступних складніших логістичних (<i>logistic function</i>) моделей поширення комп'ютерно-мережних інфекцій: [MSEIRS-модель = M-maternally-resistant (maternally-derived immunity) {новий хост-« немовля » з М-«материнським» імунітетом (стійкий до мережної інфекції з М-пасивним імунітетом за М-«материнською лінією»)} – susceptible – exposed – infected – removed (recovered) – susceptible model] та [SEIQV-модель = susceptible – exposed – infected (infectious) – quarantined (quarantine) – V-vaccinated { V-«вакцинований» хост із V-імунітетом до такого мережного зараження як мережні хробаки Code Red, Slammer, Witty і т.д. і т.п.} model]	[3], [4], [8], [10], [31]
8	8	1 (дп)	Докладне ознайомлення цільової студентської аудиторії з інформаційно-мережною термінологією; математичним синтаксисом; наявними ідеалізованими припущеннями; аналітичним, акаузальним і розрахунково-комп'ютерним формулюванням та обчислювальними особливостями для ряду наступних складніших логістичних (<i>logistic function</i>) моделей поширення комп'ютерно-мережних інфекцій: [Zhou, Wen, Zhao – 2007-модель для поширення інфекції активних (active) та гібридних (hybrid) «лагідних» мережних хробаків (benign worms)]; [Zou, Gong, Towsley – 2002-двофакторна модель для поширення мережних хробаків Code Red типу – Two-factor worm model] та [Chen, Gao, Kwiat – 2003-AAWP-аналітична модель для поширення активних мережних хробаків – Analytical Active Worm Propagation model]	[3], [4], [8], [10], [31]

Практичний модуль 3. Ігрові підходи (game theory)

до мережного моделювання

9	9	1 (дп)	Постановка, формулювання, обчислення та графічна візуалізація в рамках докладної побудови теоретично-ігрового розв'язку динамічної задачі для ігрового опису найпростішої гри системного адміністрування (<i>system administration game</i>). Постанова, формулювання, обчислення та графічна візуалізація в рамках докладної побудови теоретично-ігрового розв'язку динамічної задачі для ігрового опису перебігу процесу «збирання сміття» у оперативній пам'яті комп'ютера (<i>garbage collection game</i>). Комп'ютерно-інженерні можливості .NET-фреймворку для практичної реалізації, візуалізації та моніторингу режимів роботи процесу «збирання сміття» (<i>garbage collection</i>).	[1], [3], [4], [31], [32]
10	10	1 (дп)	Постановка, формулювання, обчислення та графічна візуалізація в рамках докладної побудови теоретично-ігрового розв'язку динамічної задачі для ігрового опису змагання або співпраці між двома користувачами в рамках використання наявних серверних ресурсів (<i>competition or cooperation for service?</i>). Постанова, формулювання, обчислення та графічна візуалізація в рамках докладної побудови теоретично-ігрового розв'язку динамічної задачі для ігрового опису найпростішої гри безпеки (<i>security game</i>) у наближеннях нульової суми (<i>zero-sum approximation</i>) та ненульової суми (<i>non-zero sum approximation</i>).	[1], [3], [4], [31], [32]
11	11	2 (дп)	Постановка, формулювання, обчислення та графічна візуалізація в рамках докладної побудови теоретично-ігрового розв'язку динамічної задачі для ігрового опису найпростішої соціально-інженерної гри (<i>social engineering game</i>) трьох гравців з бінарним прийняттям рішень (<i>three-person game with binary decision-making</i>). Постанова, формулювання, обчислення та графічна візуалізація в рамках докладної побудови теоретичного розв'язку системно-адміністративної задачі для моделі принципала-агента (<i>principal agent model</i>) в рамках мультиагентного моделювання двосторонніх обіцянок (<i>bilateral promises</i>).	[1], [3], [4], [31], [32]
Усього годин	13 (дп)	Для тем <u>практичних занять</u> з дисципліни «Комп'ютерне моделювання» <u>для денної прискореної форми навчання</u>		

Теми лабораторних занять з навчальної дисципліни «Комп'ютерне моделювання» для денної та денної прискореної форм навчання

№ Роб	№ Тем	Год. д/дп	Найменування <u>лабораторної роботи</u> з дисципліни «Комп'ютерне моделювання» для <u>денної</u> та <u>денної прискореної форм навчання</u>	Література
Лабораторний модуль 1. Інформаційні мережі як системи масового обслуговування з затримками (latency) та чергами (queueing)				
1	1	2(д) — 1(дп)	<p>Докладне комп'ютерно-лабораторне студентоцентричне ознайомлення студентської аудиторії із моделювальними та обчислювальними можливостями сучасного відкритого програмного забезпечення SageMath, Wolfram Cloud, Wolfram Alpha, JModelica.org, Scilab, GNU Octave, OpenModelica, C++, LibreOffice Calc, GNU R, CFEngine у застосуванні до задач моделювання, візуалізації та моніторингу комплексних багаторівневих інформаційно-мережних процесів передачі Інтернет-трафіку (<i>Internet traffic</i>) та перевантаженості мережі (<i>network congestion</i>) в рамках візуалізації наступних статистичних розподілів та процесів: нормальний розподіл {<i>normal distribution</i>} (розподіл Гауса {<i>Gaussian distribution</i>}); Гаусів шум {<i>Gaussian noise</i>}; розподіл Коші (<i>Cauchy distribution</i>); логнормальний розподіл (<i>Lognormal distribution</i>); розподіл Парето (<i>Pareto distribution</i>); розподіл Вейбула (<i>Weibull distribution</i>); розподіл Ципфа (<i>Zipf distribution</i>); розподіл Ципфа-Мандельброта (<i>Zipf-Mandelbrot distribution</i>); розподіл Пуассона (<i>Poisson distribution</i>); неоднорідний пуассонівський процес (<i>inhomogeneous Poisson process</i>); подвійно-стохастичний процес Пуассона (<i>doubly stochastic Poisson process</i>) {процес Кокса (<i>Cox process</i>)}; розподіл Юле-Саймона (<i>Yule-Simon distribution</i>); розподіл Грінвуда-Юла (<i>Greenwood-Yule distribution</i>) {гамма-пуассонівський процес (<i>gamma-Poisson process</i>)}; GIGP-узагальнений зворотній розподіл Гауса-Пуассона (<i>generalized inverse Gaussian-Poisson distribution</i>); розподіл Варінга (<i>Waring distribution</i>) {від'ємний (негативний) біноміальний розподіл (<i>Negative binomial distribution</i>)}; гамма-розподіл (<i>gamma distribution</i>); розподіл Ерланга (<i>Erlang distribution</i>)}. Застосування обчислювальних можливостей відкритого ПЗ та мережне тлумачення результатів комп'ютерного моделювання.</p>	[3], [4], [8], [10], [22], [23], [30], [31], [32]

2	2	3(д) — 2(дп)	<p>Докладне комп'ютерно-лабораторне студентоцентричне ознайомлення студентської аудиторії із моделювальними та обчислювальними можливостями сучасного відкритого програмного забезпечення SageMath, Wolfram Cloud, Wolfram Alpha, JModelica.org, Scilab, GNU Octave, OpenModelica, C++, LibreOffice Calc, GNU R, CFEngine у застосуванні до задач комп'ютерного моделювання, візуалізації та інформаційно-мережної інтерпретації таких моделей односерверних систем як $M/M/1$, $M/D/1$, $M/G/1$, $M/M/1/K$ та $M/M/1/K/K$-типів з експоненціальними розподілами Пуассонівських вхідних (Poissonian arrival process) потоків запитів в рамках побудови основних схем, графіків, графів та діаграм, а також знаходження чисельних оцінок часу затримок із серверною відповіддю на дії мережного користувача.</p>	[1], [3], [4], [6], [9], [11], [12], [13], [14], [18], [21], [23], [25], [28], [30]
3	3	3(д) — 1(дп)	<p>Докладне комп'ютерно-лабораторне студентоцентричне ознайомлення студентської аудиторії із моделювальними та обчислювальними можливостями сучасного відкритого програмного забезпечення SageMath, Wolfram Cloud, Wolfram Alpha, JModelica.org, Scilab, GNU Octave, OpenModelica, C++, LibreOffice Calc, GNU R, CFEngine у застосуванні до задач комп'ютерного моделювання, візуалізації та інформаційно-мережної інтерпретації таких моделей односерверних систем як $D/D/1$, $D/M/1$, $G/M/1$, $G/G/1$, $G/D/1$ та $D/G/1$-типів з вхідним потоком запитів довільного типу в рамках побудови основних схем, графіків, графів та діаграм, а також знаходження чисельних оцінок часу затримок із серверною відповіддю на дії мережного користувача.</p>	[1], [3], [4], [6], [9], [11], [12], [13], [14], [18], [21], [23], [25], [30]
4	4	3(д) — 1(дп)	<p>Докладне комп'ютерно-лабораторне студентоцентричне ознайомлення студентської аудиторії із моделювальними та обчислювальними можливостями сучасного відкритого програмного забезпечення SageMath, Wolfram Cloud, Wolfram Alpha, JModelica.org, Scilab, GNU Octave, OpenModelica, C++, LibreOffice Calc, GNU R, CFEngine у застосуванні до задач комп'ютерного моделювання, візуалізації та інформаційно-мережної інтерпретації таких моделей як $M/M/c$, $M/M/c/c$ та $M/M/\infty$-типів з експоненціальними розподілами Пуассонівських вхідних (Poissonian arrival process) потоків запитів в рамках побудови основних схем, графіків, графів та діаграм, а також знаходження чисельних оцінок часу затримок із серверною відповіддю на дії мережного користувача.</p>	[1], [3], [4], [6], [9], [11], [12], [13], [14], [18], [21], [23], [25], [30]

**Лабораторний модуль 2. Поширення епідемій у мережах
(Epidemics on networks)**

5	5	3(д) — 2(дп)	<p>Докладне комп'ютерно-лабораторне студентоцентричне ознайомлення студентської аудиторії із моделювальними та обчислювальними можливостями сучасного відкритого програмного забезпечення SageMath, Wolfram Cloud, Wolfram Alpha, JModelica.org, Scilab, GNU Octave, OpenModelica, C++, LibreOffice Calc, GNU R, CFEngine у застосуванні до задач комп'ютерного моделювання, візуалізації та інформаційно-мережної інтерпретації таких наступних найпростіших логістичних (<i>logistic function</i>) моделей поширення комп'ютерно-мережних інфекцій: [SI-модель = S-susceptible–I-infected (infectious) model]; [SIS-модель = S-susceptible – I-infected – S-susceptible]; [SIR-модель = S-susceptible – I-infected – R-removed model = {неінфікований хост, S-чутливий до мережного зараження} – {I-інфікований хост, I-уражений хробаком} – {R-«зnezаражений» хост із R-усуненим зараженням)}]; [PSIDR-модель = PS-progressive susceptible – I-infected – D-detected – R-removed model, де PS-стан означає “PS-прогресуюче чутливий {хост, прогресуюче уразливий до мережного зараження}”; D-стан означає “D-виявлення {детектування} з наступним вилученням інфікованого хоста з мережі для подальшого антивірусного лікування”]; [SIRD*-модель = S-susceptible – I-infected (I-infectious) – R-removed (R-recovered) – D*-dead (D*-deceased) model, де D*-стан означає “мережно-D*-«померлий» (мережно- D*-«покійний») хост, який необоротно вийшов з ладу та повністю припинив своє подальше функціонування”]; [класична модель Кермака-Маккендріка (Kermack–McKendrick)-1927] та [більш «сучасна» комп'ютерно-мережна модель Кефарта-Уайта (Kephart–White)-1991].</p>	[3], [4], [8], [10], [31]
6	6	3(д) — 1(дп)	<p>Докладне комп'ютерно-лабораторне студентоцентричне ознайомлення студентської аудиторії із моделювальними та обчислювальними можливостями сучасного відкритого програмного забезпечення SageMath, Wolfram Cloud, Wolfram Alpha, JModelica.org, Scilab, GNU Octave, OpenModelica, C++, LibreOffice Calc, GNU R, CFEngine у</p>	[3], [4], [8], [10], [31]

		<p>застосуванні до задач комп'ютерного моделювання, візуалізації та інформаційно-мережної інтерпретації таких наступних складніших логістичних (<i>logistic function</i>) моделей поширення комп'ютерно-мережних інфекцій: [SA*IR-модель = S-susceptible – A*-asymptomatic {без-симптомний} – I-infected (infectious) – R-removed model]; [SAIR-модель = S-susceptible – A-antidotal {“противо-отрутный”} – I-infected (infectious) – R-removed model]; [SAIRS-модель = susceptible – antidotal {(неінфікований хост зі встановленим A-антивірусом)} – infected (infectious) – removed – susceptible {неінфікований хост, повторно S-уразливий (повторно S-сприйнятливий, повторно S-чутливий) до наступного зараження} model]; [SEI-модель = susceptible – exposed – infected model]; [SEIR-модель = S-susceptible – E-exposed – I-infected (I-infectious) – R-removed (R-recovered) {мережна} model]; [SEIS-модель = S-susceptible – E-exposed – I-infectious (I-infected) – S-susceptible model {поширення інфекції}]; [SIQR-модель = S-susceptible – I-infected (I-infectious) – Q-quarantined (Q-quarantine) – R-recovered model]; [SIQS-модель = S-susceptible – I-infected (I-infectious) – Q-quarantined (Q-quarantine) – S-susceptible model]; [SEIQR-модель = S-susceptible – E-exposed – I-infected (I-infectious) – Q-quarantined – R-recovered model]; [SEIRS-модель = S-susceptible – E-exposed – I-infected – R-removed (R-recovered) – S-susceptible model інфекції]; [SIQRS-модель = S-susceptible – I-infected (I-infectious) – Q-quarantined – R-recovered – S-susceptible model]; та [SEIQRS-модель = S-susceptible – E-exposed {E-латентний стан інфікування вузла мережі, який є E-латентно-інфікованим, але у стані «E-» не поширює вірусу, коли хробак вже інфікував вразливий вузол мережі і одразу перейшов у E-інкубаційний період, упродовж якого вірус не спричиняє жодної шкоди інфікованому вузлу мережі} – I-infected (I-infectious) – Q-quarantined (Q-quarantine) {(Q-карантинний (Q-ізольований) хост)} – R-recovered {R-«відновлений» хост із R-знешкодженням мережним зараженням} – S-susceptible model {інфекції на мережі}].</p>	
7	7	<p>З(д) — 1(дп)</p> <p>Докладне комп'ютерно-лабораторне студентоцентричне ознайомлення студентської аудиторії із моделювальними та обчислювальними можливостями сучасного відкритого програмного забезпечення SageMath, Wolfram</p>	<p>[3], [4], [8], [10],</p>

		<p>Cloud, Wolfram Alpha, JModelica.org, Scilab, GNU Octave, OpenModelica, C++, LibreOffice Calc, GNU R, CFEngine у застосуванні до задач комп'ютерного моделювання, візуалізації та інформаційно-мережної інтерпретації таких наступних складніших логістичних (<i>logistic function</i>) моделей поширення комп'ютерно-мережних інфекцій: [MSIR-модель = M-maternally-resistant (M-maternally-derived immunity) – S-susceptible – I-infected (I-infectious) – R-removed (R-recovered) model {інфекції}]; [MSEIR-модель = M-maternally-resistant (M-maternally-derived immunity) – S-susceptible – E-exposed – I-infected (I-infectious) – R-removed (R-recovered) model]; [MSEIRS-модель = M-maternally-resistant (M-maternally-derived immunity) {новий хост-«немовля» з M-«материнським» імунітетом (стійкий до інфекції мережі з M-пасивним імунітетом за M-«материнською лінією»)} – S-susceptible – E-exposed – I-infected – R-removed (R-recovered) – S-susceptible model {інфекції}]; [SEIQV-модель = S-susceptible – E-exposed – I-infected (I-infectious) – Q-quarantined (quarantine) – V-vaccinated {V-«вакцинований» хост із V-імунітетом до такого мережного зараження як мережні хробаки Code Red, Slammer, Witty і т.д. і т.п.} model {поширення інфекції}]; [V*EIS V*-модель = V*-vulnerable – E-exposed – I-infectious (I-infected) – S*-secured – V*-vulnerable model {поширення інфекції}, де (V*)-стан означає “уразливий {хост}”, а (S*)-стан означає “захищений {хост}”].</p>	[31]
8	8 3(д) — 1(дп)	<p>Докладне комп'ютерно-лабораторне студентоцентричне ознайомлення студентської аудиторії із моделювальними та обчислювальними можливостями сучасного відкритого програмного забезпечення SageMath, Wolfram Cloud, Wolfram Alpha, JModelica.org, Scilab, GNU Octave, OpenModelica, C++, LibreOffice Calc, GNU R, CFEngine у застосуванні до задач комп'ютерного моделювання, візуалізації та інформаційно-мережної інтерпретації таких наступних складніших логістичних (<i>logistic function</i>) моделей поширення комп'ютерно-мережних інфекцій: [Zhou, Wen, Zhao – 2007-модель для опису епідемічного процесу поширення мережею активних (active) та гібридних (hybrid) «лагідних» хробаків (benign worms)]; [Zou, Gong, Towsley – 2002-двофакторна модель для опису епідемічного процесу поширення мережних хробаків Code Red типу – Two-</p>	[3], [4], [8], [10], [31]

			factor worm model] та [• Chen, Gao, Kwiat – 2003-AAWP-аналітична модель для комп'ютерного поширення активних мережних хробаків – Analytical Active Worm Propagation model].	
Лабораторний модуль 3. Ігрові підходи (game theory) до мережного моделювання				
9	9	2(д) — 1(дп)	Докладне комп'ютерно-лабораторне студентоцентричне ознайомлення студентської аудиторії із моделювальними та обчислювальними можливостями сучасного відкритого програмного забезпечення SageMath , Wolfram Cloud , Wolfram Alpha , JModelica.org , Scilab , GNU Octave , OpenModelica , C++ , LibreOffice Calc , GNU R , CFEngine та .NET-фреймворку у застосуванні до динамічних ігрових задач моделювання, візуалізації, комп'ютерно-інженерної та інформаційно-мережної інтерпретації наступних задач: [•динамічна задача для ігрового опису найпростішої гри системного адміністрування (<i>system administration game</i>)]; [•динамічна задача для ігрового опису перебігу процесу «збирання сміття» у оперативній пам'яті комп'ютера (<i>garbage collection game</i>)].	[1], [3], [4], [31], [32]
10	10	2(д) — 1(дп)	Докладне комп'ютерно-лабораторне студентоцентричне ознайомлення студентської аудиторії із моделювальними та обчислювальними можливостями сучасного відкритого програмного забезпечення SageMath , Wolfram Cloud , Wolfram Alpha , JModelica.org , Scilab , GNU Octave , OpenModelica , C++ , LibreOffice Calc , GNU R , CFEngine та .NET-фреймворку у застосуванні до динамічних ігрових задач моделювання, візуалізації, комп'ютерно-інженерної та інформаційно-мережної інтерпретації наступних задач: [•динамічна задача для ігрового опису режимів змагання або співпраці між двома мережними користувачами в рамках досягнення мети використання наявних серверних ресурсів (<i>competition or cooperation for service?</i>)]; [•динамічна задача для ігрового опису простої гри безпеки (<i>security game</i>) між системно-мережним користувачем та шкідливим програмним забезпеченням {комп'ютерним вірусом} щодо «вартості володіння» (<i>cost of ownership</i>) доступом до конфіденційних даних користувача у наближеннях нульової суми (<i>zero-sum approximation</i>) та ненульової суми (<i>non-zero sum approximation</i>)].	[1], [3], [4], [31], [32]

11	11	3(д) — 1(дп)	Докладне комп'ютерно-лабораторне студентоцентричне ознайомлення студентської аудиторії із моделювальними та обчислювальними можливостями сучасного відкритого програмного забезпечення SageMath , Wolfram Cloud , Wolfram Alpha , JModelica.org , Scilab , GNU Octave , OpenModelica , C++, LibreOffice Calc , GNU R , CFEngine та .NET-фреймворку у застосуванні до динамічних ігрових задач моделювання, візуалізації, комп'ютерно-інженерної та інформаційно-мережної інтерпретації наступних задач: [•динамічна задача повнофункціонального (<i>extensive</i>) та стратегічного (<i>strategic</i>) конфігураційного менеджменту (<i>configuration management</i>) для математичного агентного ігрового опису найпростішої соціально-інженерної гри (<i>social engineering game</i>) трьох гравців з бінарним деревом прийняття остаточних соціальних рішень (<i>three-person game with binary decision-making</i>)]; [•динамічна задача для ігрового опису системно-адміністративної задачі для моделі принципала-агента (<i>principal agent model</i>) в рамках мультиагентного моделювання двосторонніх обіцянок (<i>bilateral promises</i>)].	[1], [3], [4], [31], [32]
Усього годин	30(д)	Для тем лабораторних занять з дисципліни «Комп'ютерне моделювання» для <u>денної форми навчання</u>		
Усього годин	13 (дп)	Для тем лабораторних занять з дисципліни «Комп'ютерне моделювання» для <u>денної прискореної форми навчання</u>		

Теми індивідуальних занять з навчальної дисципліни «Комп'ютерне моделювання» для денної та денної прискореної форм навчання

Індивідуальна робота з дисципліни «Комп'ютерне моделювання» містить наступні етапи:

- проробка лекційного матеріалу в рамках широкого використання вітчизняної та міжнародної англійської мовної навчальної літератури;
 - підготовка до теоретичного опитування та контрольних робіт;
 - самостійне вивчення частини теоретичного матеріалу згідно з рекомендованою літературою та складення додаткових конспектів;
 - самостійне опанування комп'ютерно-обчислювальними можливостями такого вільного та відкритого сучасного програмного забезпечення як [SageMath](#), [Wolfram Cloud](#), [Wolfram|Alpha](#), [JModelica.org](#), [Scilab](#), [GNU Octave](#), [OpenModelica](#), C++, [LibreOffice Calc](#), [GNU R](#), [CFEngine](#) та [.NET-фреймворк](#);
 - виконання *розрахунково-графічних завдань* індивідуального характеру
- РГР 1** [[Комп'ютерне моделювання черг в 1-серверних мережах](#)]; **РГР 2**

[Комп'ютерне моделювання черг в с-серверних мережах]; РГР 3 [Комп'ютерне моделювання мережних епідемій для класичних моделей]; РГР 4 [Комп'ютерне моделювання мережних епідемій для сучасних моделей]; РГР 5 [Комп'ютерне моделювання гри «збирання сміття» у оперативній пам'яті комп'ютера]; РГР 6 [Комп'ютерне моделювання гри безпеки між користувачем та вірусом]; РГР 7 [Комп'ютерне моделювання гри трьох гравців з бінарним прийняттям рішень та гри принципала-агента для двосторонніх обіцянок].

Тематика та перелік індивідуальних розрахунково-графічних завдань з навчальної дисципліни «Комп'ютерне моделювання» для денної та денної прискореної форм навчання

№ з/п	Назва теми, з якої виконується індивідуальне завдання	Назва і вид індивідуального завдання
<u>Розрахунково-графічний модуль 1.</u> Інформаційні мережі як системи масового обслуговування з затримками (latency) та чергами (queueing)		
1	Лекційно-практично-лабораторна Тема 2: «Мережні застосування експоненціального розподілу і Пуассонівського процесу. Ланцюги Маркова. Односерверні мережні системи з експоненціальними розподілами Пуассонівських вхідних потоків запитів: <u>M/M/1-черга</u> ; <u>M/D/1-черга</u> ; <u>M/G/1-черга</u> ; <u>M/M/1/K</u> та <u>M/M/1/K/K-черги</u> »	Розрахунково-графічна робота №1 «Комп'ютерне моделювання { <u>M/M/1</u> ; <u>M/M/1/K</u> ; <u>M/M/1/K/K</u> ; <u>M/D/1</u> ; <u>M/G/1</u> }-черг в 1-серверних мережах»
2	Лекційно-практично-лабораторна Тема 4: «Багатосерверні системи з експоненційними розподілами Пуассонівських потоків запитів: <u>M/M/c-черга</u> ; <u>M/M/c/c-черга</u> та <u>M/M/∞-черга</u> для мережі».	Розрахунково-графічна робота №2 «Комп'ютерне моделювання { <u>M/M/c</u> ; <u>M/M/c/c</u> ; <u>M/M/∞</u> }-черг в с-серверних мережах»
<u>Розрахунково-графічний модуль 2.</u> Поширення епідемій у мережах (Epidemics on networks)		
3	Лекційно-практично-лабораторна Тема 5: Основні стани [<u>(S)</u>]; [<u>(PS)</u>]; [<u>(I)</u>]; [<u>(D)</u>]; [<u>(R)</u>] та [<u>(D*)</u>] для мережні упродовж поширення епідемії та відповідні моделі: { <u>SI</u> ; <u>SIR</u> ; <u>SIS</u> ; <u>SIRS</u> ; <u>PSIDR</u> ; <u>SIRD*</u> }. Класичні моделі <u>Кермака-Маккендріка (Kermack-McKendrick)</u> та <u>Кефарта-Уайта</u>	Розрахунково-графічна робота №3 «Комп'ютерне моделювання мережних епідемій для класичних моделей { <u>SI</u> ; <u>SIR</u> ; <u>SIS</u> ; <u>SIRS</u> ; <u>PSIDR</u> ; <u>SIRD*</u> ; <u>Kermack-McKendrick</u> та

	<u>(Kephart–White)</u> для опису мережного поширення епідемій.	<u>Kephart–White}}</u>
4	Лекційно-практично-лабораторна Тема 8: Сучасні моделі мережних інфекцій: [<u>Zhou, Wen, Zhao – 2007-модель</u> для процесу поширення мережею активних (<i>active</i>) та гібридних (<i>hybrid</i>) « лагідних » хробаків (<i>benign worms</i>)]; [<u>Zou, Gong, Towsley – 2002-двофакторна модель</u> для поширення мережних хробаків Code Red типу – Two-factor worm model] та [<u>Chen, Gao, Kwiat – 2003-AAWP-аналітична модель</u> для поширення активних мережних хробаків – Analytical Active Worm Propagation model]	Розрахунково-графічна робота №4 «Комп'ютерне моделювання мережних епідемій для сучасних моделей {(Zhou et al., 2007); (Zou et al., 2002); (Chen et al., 2003-AAWP)}»
Розрахунково-графічний модуль 3. Ігрові підходи (game theory) до мережного моделювання		
5	Лекційно-практично-лабораторна Тема 9: Застосування теорії ігор до комп'ютерного моделювання [<u>задачі гри системного адміністрування</u> (<i>system administration game</i>)]; [<u>задачі перебігу процесу збирання сміття у оперативній пам'яті комп'ютера</u> (<i>garbage collection game</i>)]	Розрахунково-графічна робота №5 «Комп'ютерне моделювання гри збирання сміття { <i>garbage collection game</i> } у оперативній пам'яті комп'ютера»
6	Лекційно-практично-лабораторна Тема 10: Застосування теорії ігор до комп'ютерного моделювання [<u>задачі гри для змагання або співпраці між двома користувачами</u> (<i>competition or cooperation for service?</i>)]; [<u>задачі гри безпеки</u> (<i>security game</i>) між користувачем та вірусом у наближеннях нульової суми (<i>zero-sum</i>) та ненульової суми (<i>non-zero sum approximation</i>)].	Розрахунково-графічна робота №6 «Комп'ютерне моделювання гри безпеки { <i>security game</i> } між користувачем та вірусом»
7	Лекційно-практично-лабораторна Тема 11: Застосування теорії ігор до комп'ютерного моделювання [<u>задачі соціально-інженерної гри</u> (<i>social engineering game</i>) трьох гравців з бінарним деревом прийняття рішень (<i>three-person game with binary decision-making</i>)]; [<u>задачі для моделі принципала-агента</u> (<i>principal agent model</i>) для двосторонніх обіцянок (<i>bilateral promises</i>)].	Розрахунково-графічна робота №7 «Комп'ютерне моделювання гри трьох гравців з бінарним прийняттям рішень та гри принципала-агента для двосторонніх обіцянок»

Контрольні роботи з навчальної дисципліни «Комп'ютерне моделювання»

Контрольні роботи з теоретичної частини курсу «Комп'ютерне моделювання» є розподіленими наступним чином:

№ роботи	№ теми	Тема контрольної роботи	Кількість варіантів
1	1-4	Теорія черг та ланцюгів для комп'ютерних мереж як систем масового обслуговування з затримками	20
2	5-8	Комп'ютерне моделювання логістичної динаміки поширення епідемій у комп'ютерних мережах	20
3	9-11	Теорія ігор та ігрові підходи до комп'ютерного моделювання мережних процесів та систем	20

5. Контрольні заходи та критерії оцінювання знань студентів ДДМА в рамках навчального процесу упродовж вивчення екзаменаційної навчальної дисципліни «Комп'ютерне моделювання»

Підсумкові оцінки за триместр з екзаменаційної дисципліни «Комп'ютерне моделювання» в цілому переводяться за національною шкалою та шкалою ECTS відповідно до нижченаведеної міжнародної таблиці переведення оцінок, яка визначається діючим в Донбаській державній машинобудівній академії (ДДМА) положенням про організацію навчального процесу в кредитно-модульній системі підготовки фахівців:

Рейтингова оцінка	У національній шкалі	У шкалі ECTS
90-100	Відмінно (зараховано)	A
81-89	Добре (зараховано)	B
75-80	Добре(зараховано)	C
65-74	Задовільно (зараховано)	D
65-64	Задовільно (зараховано)	E
30-54	Незадовільно (не зараховано)	FX
0-29	Незадовільно (не зараховано)	F

В контрольні заходи з дисципліни «Комп'ютерне моделювання» для студентів денної та **денної прискореної** форми навчання входять:

- письмові та усні контрольні опитування з дисципліни «Комп'ютерне моделювання» в семестрі;
- виконання та захист *семи* індивідуальних *розрахунково-графічних завдань РГР 1 – РГР 7* з «Комп'ютерного моделювання» в семестрі;

▪ виконання та захист *одинадцяти* індивідуальних *обчислювальних лабораторних* робіт ЛР 1 – ЛР 11 з «Комп'ютерного моделювання» в семестрі;

▪ виконання та захист додаткового індивідуального розрахунково-обчислювального завдання щодо комп'ютерного моделювання інформаційних потоків через обчислювальну мережу із застосуванням наступних концепцій дисципліни «Комп'ютерне моделювання»: [▪теорія графів; ▪гібридна рідинна (гідродинамічна) модель потоків даних; ▪самоподібна (фрактальна) модель мережного трафіку; ▪диференціальні рівняння теорії інформації]

▪ захист звіту з практичних занять з «Комп'ютерного моделювання» для денної прискореної форми навчання;

▪ захист звіту з лабораторних робіт з «Комп'ютерного моделювання»;

▪ іспит (екзамен) з «Комп'ютерного моделювання».

Поточний контроль знань та умінь студентів денної форми навчання з «Комп'ютерного моделювання» проводиться шляхом оцінювання лабораторних робіт, практичних робіт та проведення письмових контрольних робіт із застосуванням індивідуальних тестових завдань {у тому числі із використанням системи <http://moodle.dgma.donetsk.ua> }.

Засоби оцінювання знань студентів денної та денної прискореної форми навчання з курсу «Комп'ютерне моделювання»

№	Назва і короткий зміст контрольного заходу	Характеристика змісту засобів оцінювання знань студентів з курсу «Комп'ютерне моделювання»
1	▪ Письмові та усні контрольні опитування	▪ опитування за попередньо вивченим та поточним термінологічним матеріалом
2	▪ Захист звітів з семи індивідуальних розрахунково-графічних завдань (РГР 1 – РГР 7)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ коротке опитування за термінологічним, математичним, комп'ютерно-синтаксичним, акаузальним та/або каузальним комп'ютерно-алгоритмічним матеріалом, що відповідає темі індивідуально-виконаної розрахунково-графічної роботи; ▪ оцінювання коректності та якості програмно-реалізованих алгоритмів в рамках виконання індивідуальних розрахунково-графічних робіт ▪ оцінювання аргументованості звітів щодо розбору та розуміння ситуаційних завдань; ▪ оцінювання активності участі у дискусіях
3	▪ Захист звітів з 11 (ЛР 1 – ЛР 11) індивідуальних обчислювальних лабораторних робіт	▪ коротке опитування за термінологічним, математичним, комп'ютерно-синтаксичним, акаузальним та/або каузальним комп'ютерно-алгоритмічним матеріалом, що відповідає темі

		індивідуально-виконаної обчислювальної лабораторної роботи; <ul style="list-style-type: none"> ▪ оцінювання коректності та якості програмно-реалізованих алгоритмів в рамках виконання обчислювальних лабораторних робіт ▪ оцінювання аргументованості звіту щодо розбору та розуміння ситуаційних завдань; ▪ оцінювання активності участі у дискусіях
4	▪ Захист індивідуального додаткового завдання	▪ письмовий звіт та супровідні електронні файли усіх каузальних та-або акаузальних індивідуально-розроблених комп'ютерних програм, підготовлених в рамках виконання індивідуального додаткового завдання; <ul style="list-style-type: none"> ▪ оцінювання самостійності та якості виконання завдання та розробки комп'ютерних програм упродовж звіту-захисту та співбесіди
5	▪ Поточні та підсумкові контрольні роботи	▪ стандартизовані тести; <ul style="list-style-type: none"> ▪ аналітично-розрахункові завдання;
	▪ Підсумковий контроль	▪ стандартизовані тести; <ul style="list-style-type: none"> ▪ аналітично-розрахункові завдання;

Оцінювання з **«Комп'ютерного моделювання»** виконується за стобальною системою з подальшим урахуванням вагового коефіцієнту в межах кожного із трьох модулів та з урахуванням вагового коефіцієнту для кожного із трьох модулів задля підсумкової атестації з **«Комп'ютерного моделювання»**.

Захист звіту з практичних та лабораторних робіт з **«Комп'ютерного моделювання»** проводиться в межах кожного модулю за розкладом. Кінцевий звіт приймається на останньому занятті при наявності письмового (або електронного) тексту звітів з **«Комп'ютерного моделювання»** зі стандартним титульним аркушем, обов'язковою наявністю усіх електронних файлів програмних кодів для всіх робіт та спроможності студента відповісти на всі поставлені викладачем запитання щодо вивченого матеріалу з навчальної дисципліни **«Комп'ютерне моделювання»**.

Іспит (екзамен) з навчальної дисципліни **«Комп'ютерне моделювання»** студент складає після захисту усіх звітів та модулів. Склад матеріалу та об'єму іспиту (екзамену) з **«Комп'ютерного моделювання»** залежить від модулів, які студент бажає перездати для підвищення рейтингу, або у разі потреби у додатковій перевірці теоретичних знань з **«Комп'ютерного моделювання»**.

Для отримання позитивної оцінки з екзаменаційної дисципліни **«Комп'ютерне моделювання»**, студент повинен скласти всі обов'язкові контрольні точки курсу **«Комп'ютерне моделювання»** та одержати не менше ніж 55 балів сумарної оцінки як на протязі семестру, так і безпосередньо на екзамені з **«Комп'ютерного моделювання»**, причому у такому випадку

підсумкова оцінка з **«Комп'ютерного моделювання»** визначається середнім арифметичним значенням підсумкової семестрової та екзаменаційної оцінок.

Якщо ж хоч одна з цих двох (поточної та-або екзаменаційної) оцінок з **«Комп'ютерного моделювання»** виявляється меншою за 55 балів, то підсумкова оцінка з **«Комп'ютерного моделювання»** одразу виявляється принципово меншою за 55 балів і, отже, вже не може бути задовільною. Тобто студент, який на протязі семестру склав всі контрольні точки екзаменаційної дисципліни **«Комп'ютерне моделювання»** і набрав не менше 55 балів сумарної семестрової оцінки, не має можливості «автоматично» отримати підсумкову оцінку з **«Комп'ютерного моделювання»** і обов'язково повинен письмово скласти екзамен з **«Комп'ютерного моделювання»**. Результати прийому екзамену з дисципліни **«Комп'ютерне моделювання»** оцінюються за 100 – бальною рейтинговою шкалою. При оцінюванні результатів екзамену може також використовуватися національна 5–бальна шкала та вищенаведена таблиця переведення балів в рамках діючого в ДДМА положення про організацію навчального процесу в кредитно-модульній системі підготовки фахівців.

Перелік обов'язкових контрольних точок для оцінювання знань студентів денної та денної прискореної форми навчання з курсу «Комп'ютерне моделювання»

№	Назва і короткий зміст контрольного заходу з дисципліни «Комп'ютерне моделювання»	Max балів	Характеристика критеріїв досягнення результатів навчання для отримання максимальної кількості балів
1	Виконання та захист <i>семи</i> індивідуальних <i>розрахунково-графічних завдань РГР 1 – РГР 7</i> та <i>одинадцяти</i> індивідуальних <i>обчислювальних лабораторних робіт ЛР 1 – ЛР 11</i> з комп'ютерного моделювання	60	Студент практично здатний продемонструвати критичне осмислення лекційного та позалекційного матеріалу, брати кваліфіковану участь у послідовній професійній дискусії з наведенням аргументації. Студент виконав розрахунково-графічні завдання, обчислювальні лабораторні роботи та рекомендовані практичні завдання з комп'ютерного моделювання, а також навів ґрунтовні і аргументовані відповіді на уточнювальні та додаткові запитання викладача та колег.
2	Модульна контрольна робота №1 до модулю 1 «Інформаційні мережі як системи масового	10	Студент виконав письмові, тестові, обчислювальні лабораторні та індивідуальні розрахунково-обчислювальні завдання, що відповідають

	обслуговування з затримками та чергами»		програмним результатам навчання за відповідними темами модулю №1
3	Модульна контрольна робота №2 до модулю 2 «Поширення епідемій у мережах»	10	Студент виконав письмові, тестові, обчислювальні лабораторні та індивідуальні розрахунково-обчислювальні завдання, що відповідають програмним результатам навчання за відповідними темами модулю №2
4	Модульна контрольна робота №3 до модулю 3 «Ігрові підходи до мережного моделювання»	10	Студент виконав письмові, тестові, обчислювальні лабораторні та індивідуальні розрахунково-обчислювальні завдання, що відповідають програмним результатам навчання за відповідними темами модулю №3
5	Виконання додаткового індивідуального розрахунково-обчислювального завдання щодо комп'ютерного моделювання інформаційних потоків через обчислювальну мережу із застосуванням наступних концепцій: [•теорії графів; •гібридної рідинної (гідродинамічної) моделі потоків даних; •самоподібної фрактальної моделі мережного трафіку; •диференціальних рівнянь теорії інформації]	10	Студент здатний засвоїти та практично застосувати необхідні сучасні методики комп'ютерного мережного моделювання шляхом розробки та програмної реалізації власних акаузальних та/або каузальних алгоритмів в рамках прикладного використання наступних методів та концепцій: [•теорії графів; •гібридної гідродинамічної (рідинної) моделі потоків даних; •самоподібної фрактальної моделі мережного трафіку; •диференціальних рівнянь теорії інформації]
	Поточний контроль з дисципліни «Комп'ютерне моделювання»	100 (*1/2)	Студент сформував загальне професійне враження від вивченого курсу «Комп'ютерного моделювання»
	Підсумковий контроль	100 (*1/2)	Студент виконав основні та додаткові письмові, тестові, обчислювальні лабораторні, індивідуальні розрахунково-обчислювальні, рутинні технічні, творчі технічні та соціально-інженерні завдання, що відповідають досягненню програмних результатів успішного інженерного навчання з курсу «Комп'ютерного моделювання»
	Всього	100	-

**Перелік обов'язкових контрольних точок для оцінювання знань студентів
заочної форми навчання з курсу «Комп'ютерне моделювання»**

№	Назва і короткий зміст контрольного заходу з дисципліни «Комп'ютерне моделювання»	Max балів	Характеристика критеріїв досягнення результатів навчання для отримання максимальної кількості балів
1	Тестова контрольна робота з дисципліни «Комп'ютерне моделювання», яка індивідуально виконується студентом в системі Moodle	40	Студент виконав тестові завдання, що відповідають програмним результатам навчання з дисципліни «Комп'ютерне моделювання»
2	Письмовий екзамен (іспит) з дисципліни «Комп'ютерне моделювання»	60	Студент виконав основні та додаткові письмові, тестові, обчислювальні лабораторні, індивідуальні розрахунково-обчислювальні, рутинні технічні, творчі технічні та соціально-інженерні завдання, що відповідають досягненню програмних результатів успішного інженерного навчання з курсу «Комп'ютерне моделювання»
Всього		100	-

Критерії оцінювання сформованості програмних результатів навчання в рамках виконання курсового проекту з «Комп'ютерного моделювання»

Критерії оцінювання курсової роботи з курсу «Комп'ютерне моделювання»	Максимальна кількість балів
Комп'ютерне оформлення курсової роботи з курсу «Комп'ютерне моделювання» загалом відповідає переважній більшості технічних вимог та існуючих нормативних стандартів. Основні технічні недоліки оформлення курсового проекту: певне перевищення регламентованого та рекомендованого допустимого обсягу роботи; застосований шрифт та міжрядковий інтервал не повною мірою відповідають чинним встановленим вимогам; наразі відсутня нумерація сторінок та підрозділів, подекуди є відсутніми заголовки; має місце неправильне графічне оформлення застосованого основного та допоміжного цифрового та ілюстративного матеріалу, певних додатків виконаного курсового проекту з блок схемами, копіями екранів виконання (скрін-шотами) та лістингами авторських каузальних / акаузальних алгоритмів тощо	5

<p>Реферат та вступ представленого курсового проекту з курсу «Комп'ютерне моделювання» загалом відповідають чинним технічним вимогам та існуючим інженерно-нормативним стандартам. Основні технічні недоліки оформлення реферату та вступу: реферат проекту не містить певних регламентовано-необхідних структурних елементів, у вступі проекту є відсутнім докладне та послідовне обґрунтування нагальної науково-технічної актуальності обраної теми проекту та її безпосередньої важливості та значимості; не є визначеними ні мета, ні завдання, ні об'єкт, ні предмет, ні методи дослідження, ні новизна одержаних результатів, також може бути відсутнім докладне висвітлення та обґрунтування інформаційно-технічної та комп'ютерно-алгоритмічної бази представленого проекту тощо</p>	<p>5</p>
<p>Основна частина курсового проекту з курсу «Комп'ютерне моделювання» загалом відповідає чинним технічним вимогам. Основні технічні недоліки (з урахуванням специфіки теми і завдань курсової роботи) в рамках оформлення основної частини курсового проекту можуть характеризуватися наступними негативними особливостями: відсутні необхідна науково-технічна глибина інженерно-мережного, інформаційно-мережного, комп'ютерно-математичного та (акаузального / каузального) комп'ютерно-алгоритмічного дослідження, суттєво бракує необхідної науково-технічної всебічності і бажаної повноти для якісного викладення представленого авторського теоретичного матеріалу; зовсім або частково не показані нагальні дискусійні питання, практично відсутній критичний огляд актуальної періодичної літератури тощо, є відсутнім належний рівень представлення систематизованого, структурованого та витлумаченого блок-схемами, графами, діаграмами і графіками табличного та/або ілюстративного матеріалу або його креативно-критичного аналізу; наразі у проекті є використаними застарілі інженерно-технічні дані та/або неактуальні мови програмування та несучасні комп'ютерно-інженерні і системно-мережні рішення; наведені у курсовому проекті дані не є повною та достатньою мірою пов'язаними із попередньо-задекларованим інженерно-математичним та комп'ютерно-мережним змістом в рамках представленого тексту курсового проекту; наразі має місце фактична наявність арифметично-алгебраїчних помилок у проведених інженерно-технічних розрахунках та наведених математичних виразах; мають місце недостатні математичні вірогідність і надійність і, як наслідок, низька якість аналітичного та чисельного обґрунтування одержаних</p>	<p>55</p>

результатів курсового проекту тощо	
<p>Висновки підготовленого і оформленого курсового проекту з курсу «Комп'ютерне моделювання» загалом відповідають чинним інженерно-технічним вимогам до кваліфікаційних курсових робіт. Основні технічні недоліки оформлення висновків курсового проекту мають наступні негативні особливості: подекуди представлені висновки не мають належного рівня логічно-сислового та концептуального зв'язку (або, навіть, жодного зв'язку) із одержаними комп'ютерно-обчислювальними результатами представленого комп'ютерно-інженерного дослідження мережної динаміки та заявленими завданнями виконаного курсового проекту; наразі не є підведеними проміжні та загальні підсумки в рамках поточної звітності за всіма наразі-висвітленими інженерно-технічними питаннями та наведеними розділами представленого курсового проекту; подекуди фактично мають місце факти виконання у курсовому проекті посередньої якості поверхневого інженерного аналізу із наявністю недостатньо проаналізованих та неналежно обґрунтованих і спекулятивних тверджень тощо</p>	10
<p>Список фактично використаних літературних джерел представленого курсового проекту з курсу «Комп'ютерне моделювання» загалом відповідає чинним технічним вимогам та існуючим актуальним інженерно-нормативним стандартам щодо оформлення бібліографії у науково-технічній звітності. Основні технічні недоліки (з урахуванням специфіки теми і завдань роботи) при оформленні списку використаних джерел характеризуються наступними негативними особливостями: принципово недостатній фактичний рівень належного інформаційно-бібліографічного забезпечення представленого проекту; розбіжності та помилки у практично та/або одночасно застосованих ДСТУ та/або міжнародних стандартах поточного оформлення списку використаних джерел; відсутність літературних посилань на спеціалізовані джерела із діючими положеннями чинної законодавчої бази; фактично мають місце посилання на застарілу науково-періодичну вітчизняну та закордонну літературу, патентні, енциклопедичні джерела тощо. За потреби, викладач не заперечує проти студентської ініціативи щодо оформлення списку літературних джерел відповідно до сучасного міжнародного бібліографічного формату: {ACS (American Chemical Society referencing style), AIP (American Institute of Physics citation style), APA (American Psychological Association), (Chicago citation style), (IEEE),</p>	5

(Harvard reference style), MLA (Modern Language Association citation style), NLM (National Library of Medicine standard reference style), (SAGE Harvard reference style), (Vancouver style) і т.д. і т.п.}	
<i>Загалом за поточними результатами докладного та неупереджено-студоцентричного рецензування курсового проекту з курсу «Комп'ютерне моделювання»</i>	80
Практична публічна демонстрація доповідачем-автором представленого курсового проекту докладного загального розуміння науково-теоретичних основ представленої теми курсового дослідження з курсу «Комп'ютерне моделювання», уважний аналіз фактичного ступеня опанування та вільного рівня безпосереднього володіння доповідачем обчислювально-практичних аспектів представленої теми даного курсового дослідження з дисципліни «Комп'ютерне моделювання», компетентнісно-кваліфікаційної спроможності автора курсового проекту послідовно, докладно та вичерпно аргументувати та висвітлювати власну професійну точку зору в рамках представлення авторських результатів щодо критичного аналізу поточних інженерно-технічних проблем та можливих шляхів їх ефективного вирішення в рамках публічного захисту представленого курсового проекту, в т.ч. упродовж надання докладних та вичерпних відповідей на усі запитання членів комісії та присутніх студентів-одногрупників	20
<i>Всього за результатами публічного захисту курсового проекту з курсу «Комп'ютерне моделювання»</i>	20
Всього за результатами рецензування і захисту курсового проекту з курсу «Комп'ютерне моделювання»	100

6. Навчально-методичні матеріали та рекомендовані джерела інформації

6.1. Основна література до курсу «Комп'ютерне моделювання»

- 1) Bhatnagar, N. (2018). *Mathematical Principles of the Internet, Volume 1: Engineering Fundamentals*. Boca Raton, FL: Chapman and Hall/CRC. Retrieved from <https://doi.org/10.1201/b22414>
- 2) Burbank, J., Kasch, W. and Ward, J. (2011). *An Introduction to Network Modeling and Simulation for the Practicing Engineer*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons. Retrieved from <https://doi.org/10.1002/9781118063651>
- 3) Burgess, M. (2004). *Analytical Network and System Administration: Managing Human-Computer Networks*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons. Retrieved from <https://doi.org/10.1002/047086107X>

- 4) Burgess, M. (2020). *A Treatise on Systems (volume 1): Analytical Descriptions of Human-Information Networks*. Oslo, Norway: XtAxis Press. Retrieved from http://markburgess.org/treatise_voll.pdf
- 5) Guizani, M., Rayes, A., Khan, B., & Al-Fuqaha, A. (2010). *Network Modeling and Simulation: A Practical Perspective*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons. Retrieved from <https://doi.org/10.1002/9780470515211>
- 6) Harchol-Balter, M. (2013). *Performance modeling and design of computer systems: Queueing theory in action*. New York, NY: Cambridge University Press. Retrieved from <https://doi.org/10.1017/CBO9781139226424>
- 7) Le, D.- N., Pandey, A.K., Tadepalli, S., Rathore, P.S. and Chatterjee, J.M. (2019). *Network Modeling, Simulation and Analysis in MATLAB: Theory and Practices*. Hoboken, NJ: Scrivener Publishing / John Wiley & Sons. Retrieved from <https://doi.org/10.1002/9781119631477>
- 8) Lewis, T. G. (2009). *Network Science: Theory and Practice*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons. Retrieved from <https://doi.org/10.1002/9780470400791>
- 9) Medhi, J. (2003). *Stochastic Models in Queueing Theory*. San Diego, California, USA: Academic Press. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-487462-6.X5000-0>
- 10) Newman, M. (2018). *Networks*. (2nd ed.). New York: Oxford University Press.
- 11) Zukerman, M. (2020). *Introduction to Queueing Theory and Stochastic Teletraffic Models*. Unpublished manuscript of the unfinished work in progress. Retrieved from <http://www.ee.cityu.edu.hk/~zukerman/classnotes.pdf>. Available from <https://arxiv.org/pdf/1307.2968.pdf>
- 12) Алиев, Т. И. (2009). *Основы моделирования дискретных систем*. СПб: ИТМО. Retrieved from <http://window.edu.ru/resource/176/63176/files/itmo354.pdf>
- 13) Белик, Г. А. (2018). *Теория телетрафика*. Караганда, Казахстан: КапТУ (КапГТУ). Retrieved from <http://rmebrk.kz/book/7278> and from http://elib.kstu.kz/fulltext/books/Teoriya_teletrafika/main.html
- 14) Вишнеvский, В. М. (2003). *Теоретические основы проектирования компьютерных сетей*. М.: Техносфера. Retrieved from <http://padabum.com/d.php?id=2602>
- 15) Додонов, О. Г., Ланде, Д. В., Путятин, В. Г. (2009). *Інформаційні потоки в глобальних комп'ютерних мережах*. К: Наукова думка. Retrieved from <http://dwl.kiev.ua/art/ipribook/ip-book.pdf>
- 16) Додонов, А.Г., Ландэ, Д.В. (2011). *Живучесть информационных систем*. К.: Наук. думка. Retrieved from <http://dwl.kiev.ua/art/zhm/zhyvuchest.pdf>
- 17) Додонов А. Г., Ландэ Д. В., Путятин В. Г. (2014). *Компьютерные сети и аналитические исследования*. К.: ИПРИ НАН Украины. Retrieved from <http://dwl.kiev.ua/art/ksai/an-book.pdf>
- 18) Крылов, В. В., Самохвалова, С. С. (2005). *Теория телетрафика и ее приложения*. СПб.: БХВ-Петербург. Retrieved from <http://library.lol/main/B80E57A2A682CCC56C8D950CB55132BC>

- 19) Кузьмичов, А. І. (2013). *Оптимізаційні методи і моделі. Моделювання засобами MS Excel*. К.: ВПЦ АМУ. Retrieved from http://irbis-nbu.gov.ua/cgi-bin/irbis64r_81/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=VFEIR&P21DBN=VFEIR&Z21ID=&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=DOC%20FREP0000349.PDF ; <https://zh.b-ok.africa/book/3034504/e499bf>
- 20) Ландэ, Д. В., Снарский, А. А., Безсуднов, И. В. (2009). *Интернетика: Навигация в сложных сетях: модели и алгоритмы*. М.: Либроком (Editorial URSS). Retrieved from <http://dwl.kiev.ua/art/internetica/internetica.pdf>
- 21) Ложковский, А. Г. (2012). *Теория массового обслуживания в телекоммуникациях*. Одесса: ОНАС им. А. С. Попова. Retrieved from <https://metod.onat.edu.ua/download/229> ; <https://metod.onat.edu.ua/download/230>
- 22) Платунова, С. М. (2012). *Методы проектирования фрагментов компьютерной сети*. СПб: НИУ ИТМО. Retrieved from <https://books.ifmo.ru/file/pdf/982.pdf>
- 23) Поршневу, С. В. (2016). *Математические модели информационных потоков в высокоскоростных магистральных интернет-каналах*. М.: Горячая линия – Телеком. Retrieved from <http://library.lol/main/52D9437E1FF1E212BF5EC6B8CCCA4FB8>
- 24) Скалзуб, В. В., Ильман, В. М., Івченко, Ю. М., Андрищенко, В. О. (2016). *Дискретні та алгоритмічні структури в інструментарії програмної інженерії*. Дніпропетровськ: Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. Retrieved from <http://eadnurt.diit.edu.ua/jspui/handle/123456789/8793>
- 25) Соколов, А. Н., Соколов, Н. А. (2010). *Однолинейные системы массового обслуживания*. СПб.: «Теледом» ГОУВПО СПбГУТ. Retrieved from <http://sokolov.niits.ru/Однолинейные%20системы%20массового%20обслуживания.pdf>
- 26) Снарский, А. А., Ландэ, Д. В. (2015). *Моделирование сложных сетей*. К.: Инжиниринг. Retrieved from <http://dwl.kiev.ua/art/mss/mss-new.pdf>
- 27) Стеценко, І. В. (2010). *Моделювання систем*. Черкаси: ЧДТУ. Retrieved from http://www.dut.edu.ua/uploads/1_1740_60135475.pdf
- 28) Сущенко, С. П. (2017). *Математические модели компьютерных сетей*. Томск: Издательский Дом ТГУ. Retrieved from <https://core.ac.uk/reader/287453950> ; <http://www.inf.tsu.ru/library/Publications/2017/2017-68.PDF>
- 29) Томашевський, В. М. (2005). *Моделювання систем*. Київ: Видавнича група ВНУ. Retrieved from http://www.dut.edu.ua/uploads/1_1130_37566297.pdf ; http://www.immsp.kiev.ua/postgraduate/Biblioteka_trudy/Tomashevsky_Model.system_2005.pdf
- 30) Шелухин, О. И. (2012). *Моделирование информационных систем*. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Горячая линия – Телеком. Retrieved from <http://library.lol/main/FCD1A813CDC1C03986236ABBE18FBB4B>

6.2. Додаткова література до курсу «Комп'ютерне моделювання»

- 31) Bergstra, J., & Burgess, M. (Eds.) (2007). *Handbook of Network and System Administration*. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier.
- 32) Burgess, M. (2020). *A Treatise on Systems (volume 2): The scaling of intentional systems with faults, errors, and flaws*. Oslo, Norway: XtAxis Press. Retrieved from http://markburgess.org/treatise_vol2.pdf
- 33) Durán, J. M. (2018). *Computer Simulations in Science and Engineering: Concepts - Practices - Perspectives*. The Frontiers Collection. Cham: Springer. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/978-3-319-90882-3>. Available from https://juanmduran.files.wordpress.com/2018/08/cs_in_science_and_engineering.pdf
- 34) Murali, K. P., Gadre, V. M., & Desai, U. B. (2003). *Multifractal Based Network Traffic Modeling*. Boston, MA: Springer. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0499-3>
- 35) Musa, S. M., & Wu, Z. (Eds.) (2015). *Aeronautical Telecommunications Network: Advances, Challenges, and Modeling*. Boca Raton, FL: CRC Press. Retrieved from <https://doi.org/10.1201/b18802>
- 36) Pop, P. C. (2012). *Generalized Network Design Problems: Modeling and Optimization*. Berlin, Boston: De Gruyter. Retrieved from <https://doi.org/10.1515/9783110267686>
- 37) Tanenbaum, A. S., & Wetherall, D. J. (2014). *Computer Networks*. (5th ed.). Essex: Pearson Education Limited. Retrieved from <http://index-of.es/Varios-2/Computer%20Networks%205th%20Edition.pdf> {Таненбаум, Э., & Уэзеролл, Д. (2012). *Компьютерные сети*. (5-е изд). СПб.: Питер. }
- 38) Tiumentsev, Y. V., & Egorchev, M. V. (2019). *Neural Network Modeling and Identification of Dynamical Systems*. London: Academic Press. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/C2017-0-02854-9>
- 39) Treur, J. (2020). *Network-Oriented Modeling for Adaptive Networks: Designing Higher-Order Adaptive Biological, Mental and Social Network Models*. In: *Studies in Systems, Decision and Control*, Vol. 251. Cham: Springer. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/978-3-030-31445-3>
- 40) Treur, J. (2016). *Network-Oriented Modeling: Addressing Complexity of Cognitive, Affective and Social Interactions*. In: *Understanding Complex Systems*. Cham: Springer. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/978-3-319-45213-5>
- 41) Uzun, A. (2019). *Semantic Modeling and Enrichment of Mobile and WiFi Network Data*. In: *T-Labs Series in Telecommunication Services*. Cham: Springer. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/978-3-319-90769-7>
- 42) Wehrle, K., Güneş, M., & Gross, J. (Eds.) (2010). *Modeling and Tools for Network Simulation*. Berlin, Heidelberg: Springer. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/978-3-642-12331-3>
- 43) Ye, N. (2008). *Secure Computer and Network Systems: Modeling, Analysis and Design*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons. Retrieved from <https://doi.org/10.1002/9780470023273>

- 44) Zgurovsky, M. Z., Pankratova, N. D. (2007). *System Analysis: Theory and Applications*. Data and Knowledge in a Changing World. Berlin, Heidelberg: Springer. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/978-3-540-48880-4>
- 45) Zgurovsky, M. Z., Zaychenko, Y. P. (2020). *Big Data: Conceptual Analysis and Applications*. In: *Studies in Big Data*, vol. 58. Cham: Springer. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/978-3-030-14298-8>
- 46) Дакова, Л. В. (2018). *Моделювання мереж мобільного зв'язку*. Київ: Державний Університет Телекомунікацій. Retrieved from http://www.dut.edu.ua/uploads/1_1070_24131394.pdf
- 47) Додонов, А. Г., Ландэ, Д. В., Путятин, В. Г. (2011). *Компьютерные информационно-аналитические системы. Толковый словарь*. К.: Наук. думка. Retrieved from <http://dwl.kiev.ua/art/slovar/slovar.pdf>
- 48) Додонов, А.Г., Ландэ, Д.В., Коженевский, С.Р., Путятин, В.Г. (2013). *Компьютерные информационно-аналитические системы и хранилища данных. Толковый словарь*. К.: Феникс; ИПРИ НАН Украины. Retrieved from <http://dwl.kiev.ua/art/slovar2/sl2013.pdf>
- 49) Додонов, А.Г., Ландэ, Д.В., Прищепа, В.В., Путятин, В.Г. (2013). *Конкурентная разведка в компьютерных сетях*. К.: ИПРИ НАН Украины. Retrieved from <http://dwl.kiev.ua/art/krks/mon-kr-17-09.13.pdf>
- 50) Додонов, А. Г., Ландэ, Д. В., Цыганок, В. В., Андрейчук, О. В., Каденко, С. В., Грайворонская, А.Н. (2017). *Распознавание информационных операций*. К.: Инжиниринг. Retrieved from <http://dwl.kiev.ua/art/riop/riop.pdf>
- 51) Еременко, В.Т., Фисун, А.П., Сайтов, И.А., Миронов, А.Е., Орешин, А.Н., Королев, А.В., Трегубов, Р.Б., Патронов, Д.Ю. (2019). *Методы и модели теории телеграфика*. Орёл: ОГУ им. И.С. Тургенева. Retrieved from http://elib.oreluniver.ru/media/attach/note/2019/eremenko_metody_i_modeli_teletrafi_ka.pdf
- 52) Ландэ Д. В. (2006). *Основы интеграции информационных потоков*. К.: Инжиниринг. Retrieved from <http://dwl.kiev.ua/art/monogr-osnov/spusk3.pdf>
- 53) Ландэ, Д.В., Фурашев, В.Н., Брайчевский, С.М., Григорьев, А.Н. (2006). *Основы моделирования и оценки электронных информационных потоков*. К.: Инжиниринг. Retrieved from <http://dwl.kiev.ua/art/inf-potok/inf-potok.pdf>
- 54) Ландэ, Д. В., Фурашев, В. М., Юдкова, К. В. (2014). *Основы інформаційного та соціально-правового моделювання*. К.: НТУУ "КПІ". Retrieved from <http://dwl.kiev.ua/art/spmu/spm-pid.pdf>
- 55) Ландэ, Д. В., Субач, І. Ю., Бояринова, Ю. Є. (2018). *Основы теории и практики интеллектуального анализа данных у сфері кібербезпеки*. К.: ІСЗЗІ КПІ ім. Ігоря Сікорського. Retrieved from <http://dwl.kiev.ua/art/oiad/oiad.pdf>
- 56) Луцик, Н. С. (2015). *Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни "Моделювання систем"*. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Retrieved from <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/17711>

57) Меликов, А.З., Пономаренко, Л.А., Паладюк, В.В. (2007). *Телетрафик: модели, методы, оптимизация*. К.: ИПК "Политехника". Retrieved from <http://pi.314159.ru/melikov1.pdf>

58) Мельник, А. О., Стіренко, С. Г., Поліновський, В. В., Ситніков, В. С., Купін, А. І., Погорілий, С. Д., Харченко В. С. (2018). *Стандарт вищої освіти України: перший (бакалаврський) рівень, галузь знань 12 – Інформаційні технології, спеціальність 123 – Комп'ютерна інженерія*. Київ: Міністерство освіти і науки України. Retrieved from

<https://mon.gov.ua/storage/app/media/vyshcha/standarty/123.pdf> ;

<https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/12/21/123-kompyuterna-inzheneriya-bakalavr.pdf>

59) Наместников, С. М., Служивый, М. Н., Украинцев, Ю. Д. (2016). *Основы теории телетрафика*. Ульяновск: УлГТУ. Retrieved from http://tk.ulstu.ru/lib/books/book_tt.pdf

60) Пономарев, Д. Ю. (2017). *Теория телетрафика*. Красноярск: СибГУ им. М. Ф. Решетнева. Retrieved from <https://www.sibsau.ru/sveden/edufiles/126518/>

61) Степанов, С.Н. (2010). *Основы телетрафика мультисервисных сетей*. М.: Эко-Трендз. <http://library.lol/main/538797F9870AC25539725E3A74B68466>

62) Шелухин, О.И. (2011). *Мультифракталы. Инфокоммуникационные приложения*. М.: Горячая линия – Телеком. Retrieved from <http://library.lol/main/C2075F321758B7CFDF43938AF7ECE122>

63) Шелухин, О.И., Осин, А.В., Смольский, С.М. (2008). *Самоподобие и фракталы. Телекоммуникационные приложения*. М.: Физматлит. Retrieved from <http://library.lol/main/C175FA959F7651200AA06EBB589B1DD5>

6.3. Корисні Веб-ресурси до курсу «Комп'ютерне моделювання»

64) SageMath. Retrieved from <https://www.sagemath.org/>

65) Wolfram Cloud. Retrieved from <https://www.wolframcloud.com/>

66) Wolfram|Alpha. Retrieved from <https://www.wolframalpha.com/>

67) Scilab. Retrieved from <https://www.scilab.org/>

68) GNU Octave. Retrieved from <https://www.gnu.org/software/octave/>

69) JModelica.org. Retrieved from <https://jmodelica.org/>

70) OpenModelica. Retrieved from <https://openmodelica.org/>

71) R: The R Project. Retrieved from <https://www.r-project.org/>

72) Geany. Retrieved from <https://www.geany.org/>

73) TDM-GCC. Retrieved from <https://jmeubank.github.io/tdm-gcc/>

74) MinGW | Minimalist GNU for Windows. Retrieved from <http://www.mingw.org/> & <https://sourceforge.net/projects/mingw-w64/>

75) CFEngine. Retrieved from <https://cfengine.com/>

Додаток D. Питання для підготовки до контрольної роботи та екзамену з дисципліни «Комп'ютерне моделювання»

Типові теоретичні питання для підготовки до контрольної роботи КР1 з дисципліни «Комп'ютерне моделювання»

– **Питання 1.1.** $A/B/c/K/N_{pop}/Z$ – **черга** для інформаційної мережі, де

→перший параметр A (*arrival process*) відноситься до процесу надходження вхідного потоку запитів на обслуговування, тобто A задає закон (функцію) розподілу ймовірностей інтервалів часу між сусідніми моментами надходження запитів (*customer interarrival time distribution*);

→другий параметр B (*server process*) відноситься до процесу серверного оброблювання запитів, тобто B задає закон (функцію) розподілу ймовірностей тривалості серверного обслуговування запитів (*customer service time distribution*);

→третій параметр c відноситься до кількості серверів, тобто c задає число інформаційно-мережних пристроїв, які забезпечують обслуговування запитів у комп'ютерно-мережній системі (*number of servers*);

→четвертий параметр K (*queue capacity*) відноситься до пропускної здатності системи масового обслуговування, тобто K задає кількість місць очікування (*capacity of the queueing system*);

→п'ятий параметр N_{pop} (*population size*) відноситься до загальної кількості клієнтів-робочих станцій, які можуть надсилати запити в системі (N_{pop} is the total number of customers (population) which can request service);

→шостий параметр Z (*queueing discipline*) відноситься до дисципліни обслуговування в черзі (Z is the queue service discipline).

– **Питання 1.2.** $A/B/c/\infty/\infty/FCFS$ –**черга** (або $A/B/c/\infty/\infty/FIFO$ –**черга** або $A/B/c$ –**черга** або $A/B/c$ –*multiserver queue with infinite waiting space and infinite customer population, and FCFS-service discipline*) для мережі, де

→перший параметр A (*arrival process*) відноситься до процесу надходження вхідного потоку запитів на обслуговування, тобто A задає закон (функцію) розподілу ймовірностей інтервалів часу між сусідніми моментами надходження запитів (*customer interarrival time distribution*);

→другий параметр B (*server process*) відноситься до процесу серверного оброблювання запитів, тобто B задає закон (функцію) розподілу ймовірностей тривалості серверного обслуговування запитів (*customer service time distribution*);

→третій параметр c відноситься до кількості серверів, тобто c задає число інформаційно-мережних пристроїв, які забезпечують обслуговування запитів у комп'ютерно-мережній системі (*number of servers*);

→четвертий параметр $K = \infty$ (*infinite capacity queue*) відноситься до нескінченної пропускної здатності системи масового обслуговування (*the*

capacity of the queueing system is infinite), тобто $K = \infty$ задає нескінченну кількість місць очікування (*infinite-capacity of the queueing system*);

→п'ятий параметр $N_{pop} = \infty$ (*infinite population size*) відноситься до нескінченної загальної кількості клієнтів-робочих станцій (*the customer population is infinite*), які можуть надсилати запити в інформаційно-мережній системі масового обслуговування ($N_{pop} = \infty$ *is infinite number of customers (population) which can request service*);

→шостий параметр $Z = FCFS$ або $Z = FIFO$ (*queueing discipline*) відноситься до дисципліни обслуговування в упорядкованій черзі (Z *is the queue service discipline*), де $Z = FCFS$ означає “*first-come, first-served*” та $Z = FIFO$ означає “*first-in, first-out*”, коли запити в черзі обслуговуються в порядку їх надходження.

– **Питання 1.3.** $M/M/1/\infty/\infty/FCFS$ –черга (або $M/M/1/\infty/\infty/FIFO$ –черга або $M/M/1$ –черга або $M/M/1$ –*single server queue with infinite waiting space and infinite customer population, and FCFS-service discipline*) для односерверверної (одноканальної) експоненціальної інформаційної мережі (інформаційно-мережної системи масового обслуговування) з однорідним Пуассонівським потоком мережних запитів, де

→перший параметр (*arrival Poisson process*) $A = M$ відноситься до марківського експоненціального / Пуассонівського процесу надходження вхідного потоку запитів на обслуговування, тобто $A = M$ задає експоненційний / Пуассонівський закон (експоненційну / Пуассонівську функцію) розподілу ймовірностей (*exponential probability distribution*) інтервалів часу між сусідніми моментами надходження запитів (*customer interarrival times are exponentially distributed according to a Poisson process*), причому M (*memoryless*) означає Марківську відсутність пам'яті (*Markovian memorylessness*);

→другий параметр (*server Poisson process*) $B = M$ відноситься до марківського експоненціального / Пуассонівського процесу серверного оброблювання запитів, тобто $B = M$ задає експоненційний / Пуассонівський закон (експоненційну / Пуассонівську функцію) розподілу ймовірностей (*exponential probability distribution*) тривалості серверного обслуговування запитів (*customer service time is exponentially distributed with a Poisson process*);

→третій параметр $c = 1$ відноситься до кількості серверів, тобто $c = 1$ задає число інформаційно-мережних пристроїв, які забезпечують обслуговування запитів у комп'ютерно-мережній системі (*number of servers*);

→четвертий параметр $K = \infty$ (*infinite capacity queue*) відноситься до нескінченної пропускної здатності системи масового обслуговування (*the capacity of the queueing system is infinite*), тобто $K = \infty$ задає нескінченну кількість місць очікування (*infinite-capacity of the queueing system*);

→п'ятий параметр $N_{pop} = \infty$ (*infinite population size*) відноситься до нескінченної загальної кількості клієнтів-робочих станцій (*the customer population is infinite*), які можуть надсилати запити в інформаційно-мережній

системі масового обслуговування ($N_{pop} = \infty$ is infinite number of customers (population) which can request service);

→шостий параметр $Z = FCFS$ або $Z = FIFO$ (queueing discipline) відноситься до дисципліни обслуговування в упорядкованій черзі (Z is the queue service discipline), де $Z = FCFS$ означає “first-come, first-served” та $Z = FIFO$ означає “first-in, first-out”, коли запити в черзі обслуговуються в порядку їх надходження.

– **Питання 1.4.** $M/M/c/\infty/\infty/FCFS$ –**черга** (або $M/M/c/\infty/\infty/FIFO$ –**черга** або $M/M/c$ –**черга** або $M/M/c$ –multiserver queue with infinite waiting space and infinite customer population, and FCFS-service discipline) для c -серверної (c -багатоканальної) експоненціальної інформаційної мережі (інформаційно-мережної системи масового обслуговування) з однорідним Пуассонівським потоком мережних запитів, де

→перший параметр (arrival Poisson process) $A = M$ відноситься до марківського експоненціального / Пуассонівського процесу надходження вхідного потоку запитів на обслуговування, тобто $A = M$ задає експоненційний / Пуассонівський закон (експоненційну / Пуассонівську функцію) розподілу ймовірностей (exponential probability distribution) інтервалів часу між сусідніми моментами надходження запитів (customer interarrival times are exponentially distributed according to a Poisson process), причому M (memoryless) означає Марківську відсутність пам'яті (Markovian memorylessness);

→другий параметр (server Poisson process) $B = M$ відноситься до марківського експоненціального / Пуассонівського процесу серверного оброблювання запитів, тобто $B = M$ задає експоненційний / Пуассонівський закон (експоненційну / Пуассонівську функцію) розподілу ймовірностей (exponential probability distribution) тривалості серверного обслуговування запитів (customer service time is exponentially distributed with a Poisson process);

→третій параметр c відноситься до кількості серверів, тобто c задає число інформаційно-мережних пристроїв, які забезпечують обслуговування запитів у комп'ютерно-мережній системі (number of servers);

→четвертий параметр $K = \infty$ (infinite capacity queue) відноситься до нескінченної пропускної здатності системи масового обслуговування (the capacity of the queueing system is infinite), тобто $K = \infty$ задає нескінченну кількість місць очікування (infinite-capacity of the queueing system);

→п'ятий параметр $N_{pop} = \infty$ (infinite population size) відноситься до нескінченної загальної кількості клієнтів-робочих станцій (the customer population is infinite), які можуть надсилати запити в інформаційно-мережній системі масового обслуговування ($N_{pop} = \infty$ is infinite number of customers (population) which can request service);

→шостий параметр $Z = FCFS$ або $Z = FIFO$ (queueing discipline) відноситься до дисципліни обслуговування в упорядкованій черзі (Z is the queue service discipline), де $Z = FCFS$ означає “first-come, first-served” та $Z = FIFO$

означає “*first-in, first-out*”, коли запити в черзі обслуговуються в порядку їх надходження.

– **Питання 1.5.** $M/M/\infty/\infty/\infty/FCFS$ –**черга** (або $M/M/\infty/\infty/\infty/FIFO$ –**черга** або $M/M/\infty$ –**черга** або $M/M/\infty$ –*queue with infinite number of servers, infinite waiting space and infinite customer population, and FCFS-service discipline*) для ∞ -серверної (∞ -багатоканальної) експоненціальної інформаційної мережі (інформаційно-мережної системи масового обслуговування) з однорідним Пуассонівським потоком мережних запитів та миттєвим (без жодних затримок) обслуговуванням запитів (*where every arriving customer receives service immediately and does not wait*), де

→перший параметр (*arrival Poisson process*) $A = M$ відноситься до марківського експоненціального / Пуассонівського процесу надходження вхідного потоку запитів на обслуговування, тобто $A = M$ задає експоненційний / Пуассонівський закон (експоненційну / Пуассонівську функцію) розподілу ймовірностей (*exponential probability distribution*) інтервалів часу між сусідніми моментами надходження запитів (*customer interarrival times are exponentially distributed according to a Poisson process*), причому M (*memoryless*) означає Марківську відсутність пам'яті (*Markovian memorylessness*);

→другий параметр (*server Poisson process*) $B = M$ відноситься до марківського експоненціального / Пуассонівського процесу серверного оброблювання запитів, тобто $B = M$ задає експоненційний / Пуассонівський закон (експоненційну / Пуассонівську функцію) розподілу ймовірностей (*exponential probability distribution*) тривалості серверного обслуговування запитів (*customer service time is exponentially distributed with a Poisson process*);

→третій параметр $c = \infty$ (*there are infinitely many servers*) відноситься до нескінченної кількості серверів (*the number of servers c becomes very large*), тобто $c = \infty$ задає нескінченне число інформаційно-мережних пристроїв, які забезпечують обслуговування запитів у комп'ютерно-мережній системі (*there are an infinite number of servers, i.e. all customers go immediately into service upon arrival*);

→четвертий параметр $K = \infty$ (*infinite capacity queue*) відноситься до нескінченної пропускної здатності системи масового обслуговування (*the capacity of the queueing system is infinite*), тобто $K = \infty$ задає нескінченну кількість місць очікування (*infinite-capacity of the queueing system*);

→п'ятий параметр $N_{pop} = \infty$ (*infinite population size*) відноситься до нескінченної загальної кількості клієнтів-робочих станцій (*the customer population is infinite*), які можуть надсилати запити в інформаційно-мережній системі масового обслуговування ($N_{pop} = \infty$ *is infinite number of customers (population) which can request service*);

→шостий параметр $Z = FCFS$ або $Z = FIFO$ (*queueing discipline*) відноситься до дисципліни обслуговування в упорядкованій черзі (Z *is the queue service discipline*), де $Z = FCFS$ означає “*first-come, first-served*” та $Z = FIFO$

означає “*first-in, first-out*”, коли запити в черзі обслуговуються в порядку їх надходження.

– **Питання 1.6.** $M/M/c/c/\infty/FCFS$ –система з **чергами** та **втратами** (або $M/M/c/c/\infty/FIFO$ –**черга з втратами** або $M/M/c/c$ –**черга** відповідно до Ерлангівської моделі з втратами (*Erlang’s loss model* (1917)) або c -канальна система з втратами (*c-channel loss system*) або $M/M/c/c$ –*impatience in a multiserver Markovian queuing system with finite system capacity c, infinite customer population, FCFS-service discipline and with no waiting space*) для c -серверної експоненціальної інформаційної мережі з c -обмеженою чергою нетерплячих користувачів (*impatient customers*) та з однорідним Пуассонівським потоком мережних запитів. Наразі запит користувача втрачається, якщо він одразу не знаходить вільного сервера в момент надходження (*a customer is lost, if it does not find a free server immediately upon its arrival*), причому запит не може очікувати:

→перший параметр (*arrival Poisson process*) $A = M$ відноситься до марківського експоненціального / Пуассонівського процесу надходження вхідного потоку запитів на обслуговування, тобто $A = M$ задає експоненційний / Пуассонівський закон (експоненційну / Пуассонівську функцію) розподілу ймовірностей (*exponential probability distribution*) інтервалів часу між сусідніми моментами надходження запитів (*customer interarrival times are exponentially distributed according to a Poisson process*), причому M (*memoryless*) означає Марківську відсутність пам’яті (*Markovian memorylessness*);

→другий параметр (*server Poisson process*) $B = M$ відноситься до марківського експоненціального / Пуассонівського процесу серверного оброблювання запитів, тобто $B = M$ задає експоненційний / Пуассонівський закон (експоненційну / Пуассонівську функцію) розподілу ймовірностей (*exponential probability distribution*) тривалості серверного обслуговування запитів (*customer service time is exponentially distributed with a Poisson process*);

→третій параметр c (*number of servers*) відноситься до кількості серверів, тобто c задає число інформаційно-мережних пристроїв, які забезпечують паралельне обслуговування запитів у комп’ютерно-мережній системі (*c identical servers processes customers in parallel*);

→четвертий параметр $K = c$ (*c-capacity queue*) відноситься до c -обмеженої пропускної здатності системи (*the finite capacity of the queuing system is c*), тобто $K = c$ задає c -кількість місць очікування (*c-capacity of the queuing system*), причому запит не може очікувати (*the customer is not allowed to wait*);

→п’ятий параметр $N_{pop} = \infty$ (*infinite population size*) відноситься до нескінченної загальної кількості клієнтів-робочих станцій (*the customer population is infinite*), які можуть надсилати запити в інформаційно-мережній системі масового обслуговування (*$N_{pop} = \infty$ is infinite number of customers (population) which can request service*);

→шостий параметр $Z = FCFS$ або $Z = FIFO$ (*queueing discipline*) відноситься до дисципліни обслуговування в упорядкованій черзі (Z is the *queue service discipline*), де $Z = FCFS$ означає “*first-come, first-served*” та $Z = FIFO$ означає “*first-in, first-out*”, коли запити в черзі обслуговуються в порядку їх надходження.

– **Питання 1.7.** $M/M/1/K/\infty/FCFS$ –система з чергами та втратами (або $M/M/1/K/\infty/FIFO$ –черга з втратами або $M/M/1/K$ –черга відповідно до Ерлангівської моделі з втратами (*Erlang’s loss model* (1917)) або 1-канальна система з втратами (*1-channel loss system*) або $M/M/1/K$ –*impatience in a single-server Markovian queueing system with finite system capacity K , infinite customer population, FCFS-service discipline and with no waiting space*) для 1-серверної експоненціальної інформаційної мережі з K -обмеженою чергою нетерплячих користувачів (*impatient customers*) та з однорідним Пуассонівським потоком мережних запитів, причому $(K + 1)$ -й одержаний запит буде відхилено (*the state space will be truncated at state K and the $(K + 1)$ -th arriving client will be rejected*):

→перший параметр (*arrival Poisson process*) $A = M$ відноситься до марківського експоненціального / Пуассонівського процесу надходження вхідного потоку запитів на обслуговування, тобто $A = M$ задає експоненційний / Пуассонівський закон (експоненційну / Пуассонівську функцію) розподілу ймовірностей (*exponential probability distribution*) інтервалів часу між сусідніми моментами надходження запитів (*customer interarrival times are exponentially distributed according to a Poisson process*), причому M (*memoryless*) означає Марківську відсутність пам’яті (*Markovian memorylessness*);

→другий параметр (*server Poisson process*) $B = M$ відноситься до марківського експоненціального / Пуассонівського процесу серверного оброблювання запитів, тобто $B = M$ задає експоненційний / Пуассонівський закон (експоненційну / Пуассонівську функцію) розподілу ймовірностей (*exponential probability distribution*) тривалості серверного обслуговування запитів (*customer service time is exponentially distributed with a Poisson process*);

→третій параметр $c = 1$ (*number of servers*) відноситься до кількості серверів, тобто $c = 1$ задає число інформаційно-мережних пристроїв, які забезпечують паралельне обслуговування запитів у комп’ютерно-мережній системі (*there is $c = 1$ server in system*);

→четвертий параметр K (K -*capacity queue*) відноситься до K -обмеженої пропускної здатності системи (*the finite capacity of the queueing system is K*), тобто K задає K -кількість місць очікування (K -*capacity of the queueing system*);

→п’ятий параметр $N_{pop} = \infty$ (*infinite population size*) відноситься до нескінченної загальної кількості клієнтів-робочих станцій (*the customer population is infinite*), які можуть надсилати запити в інформаційно-мережній системі масового обслуговування ($N_{pop} = \infty$ is *infinite number of customers (population) which can request service*);

→шостий параметр $Z = FCFS$ або $Z = FIFO$ (*queueing discipline*) відноситься до дисципліни обслуговування в упорядкованій черзі (Z is the *queue service discipline*), де $Z = FCFS$ означає “*first-come, first-served*” та $Z = FIFO$ означає “*first-in, first-out*”, коли запити в черзі обслуговуються в порядку їх надходження.

– **Питання 1.8.** $M/M/1/K/K/FCFS$ –система з чергами та роздумами (або $M/M/1/K/K/FIFO$ –queue with the queueing-mode and the think-mode або $M/M/1/K/K$ –черга або $M/M/1/K/K$ – *a single-server Markovian queueing system with finite population K, queueing capacity also equal to K, and FCFS-service discipline*) для 1-серверної експоненціальної інформаційної мережі, причому кожен абонент такої черги знаходиться у одному з двох станів – в стані чергування (*queueing-mode*) або в стані роздумів (*think-mode*):

→перший параметр (*arrival Poisson process*) $A = M$ відноситься до марківського експоненціального / Пуассонівського процесу надходження вхідного потоку запитів на обслуговування, тобто $A = M$ задає експоненційний / Пуассонівський закон (експоненційну / Пуассонівську функцію) розподілу ймовірностей (*exponential probability distribution*) інтервалів часу між сусідніми моментами надходження запитів (*customer interarrival times are exponentially distributed according to a Poisson process*), причому M (*memoryless*) означає Марківську відсутність пам’яті (*Markovian memorylessness*);

→другий параметр (*server Poisson process*) $B = M$ відноситься до марківського експоненціального / Пуассонівського процесу серверного оброблювання запитів, тобто $B = M$ задає експоненційний / Пуассонівський закон (експоненційну / Пуассонівську функцію) розподілу ймовірностей (*exponential probability distribution*) тривалості серверного обслуговування запитів (*customer service time is exponentially distributed with a Poisson process*);

→третій параметр $c = 1$ (*number of servers*) відноситься до кількості серверів, тобто $c = 1$ задає число інформаційно-мережних пристроїв, які забезпечують паралельне обслуговування запитів у комп’ютерно-мережній системі (*there is $c = 1$ server in system*);

→четвертий параметр K (*K-capacity queue*) відноситься до K -обмеженої пропускної здатності системи (*the finite capacity of the queueing system is K*), тобто K задає K -кількість місць очікування (*K-capacity of the queueing system*);

→п’ятий параметр $N_{pop} = K$ (*finite population size*) відноситься до обмеженої загальної кількості клієнтів-робочих станцій (*the customer population is finite*), які можуть надсилати запити в інформаційно-мережній системі масового обслуговування ($N_{pop} = K$ is finite number of customers (population) which can request service);

→шостий параметр $Z = FCFS$ або $Z = FIFO$ (*queueing discipline*) відноситься до дисципліни обслуговування в упорядкованій черзі (Z is the *queue*

service discipline), де $Z = FCFS$ означає “*first-come, first-served*” та $Z = FIFO$ означає “*first-in, first-out*”, коли запити в черзі обслуговуються в порядку їх надходження.

– **Питання 1.9.** $D/D/1/\infty/\infty/FCFS$ –**черга** (або $D/D/1/\infty/\infty/FIFO$ –**черга** або $D/D/1$ –**черга** або $D/D/1$ –*a single server queueing system with infinite waiting space and infinite customer population, and FCFS-service discipline in which the interarrival times of customers are equi-spaced in time, and the service time of each customer is equal to a constant*) для мережі, де

→перший параметр $A = D$ (*constant arrival process, deterministic*) відноситься до детермінованого процесу надходження однорідного вхідного потоку запитів на обслуговування з детермінованими інтервалами часу між послідовними запитами, тобто $A = D$ задає детермінований закон (детерміновану функцію) розподілу ймовірностей інтервалів часу між сусідніми моментами надходження запитів (*customer interarrival time distribution*);

→другий параметр $B = D$ (*constant server process, deterministic*) відноситься до детермінованого процесу серверного оброблювання запитів, тобто $B = D$ задає детермінований закон (функцію) розподілу ймовірностей тривалості серверного обслуговування запитів (*customer service time distribution*);

→третій параметр $c = 1$ відноситься до кількості серверів, тобто $c = 1$ задає число інформаційно-мережних пристроїв, які забезпечують обслуговування запитів у комп'ютерно-мережній системі (*number of servers*);

→четвертий параметр $K = \infty$ (*infinite capacity queue*) відноситься до нескінченної пропускної здатності системи масового обслуговування (*the capacity of the queueing system is infinite*), тобто $K = \infty$ задає нескінченну кількість місць очікування (*infinite-capacity of the queueing system*);

→п'ятий параметр $N_{pop} = \infty$ (*infinite population size*) відноситься до нескінченної загальної кількості клієнтів-робочих станцій (*the customer population is infinite*), які можуть надсилати запити в інформаційно-мережній системі масового обслуговування ($N_{pop} = \infty$ is infinite number of customers (*population*) which can request service);

→шостий параметр $Z = FCFS$ або $Z = FIFO$ (*queueing discipline*) відноситься до дисципліни обслуговування в упорядкованій черзі (Z is the queue service discipline), де $Z = FCFS$ означає “*first-come, first-served*” та $Z = FIFO$ означає “*first-in, first-out*”, коли запити в черзі обслуговуються в порядку їх надходження.

– **Питання 1.10.** $M/D/1/\infty/\infty/FCFS$ –**черга** (або $M/D/1/\infty/\infty/FIFO$ –**черга** або $M/D/1$ –**черга** або $M/D/1$ –задача Ерланга (1909)) для мережі, де

→перший параметр (*arrival Poisson process*) $A = M$ відноситься до марківського експоненціального / Пуассонівського процесу надходження вхідного потоку запитів на обслуговування, тобто $A = M$ задає експоненційний / Пуассонівський закон (експоненційну / Пуассонівську функцію) розподілу ймовірностей (*exponential probability distribution*) інтервалів часу між сусідніми моментами надходження запитів (*customer interarrival times are exponentially*

distributed according to a Poisson process), причому M (*memoryless*) означає Марківську відсутність пам'яті (*Markovian memorylessness*);

→другий параметр $B = D$ (*constant server process, deterministic*) відноситься до детермінованого процесу серверного оброблювання запитів, тобто $B = D$ задає детермінований закон (функцію) розподілу ймовірностей тривалості серверного обслуговування запитів (*customer service time distribution*);

→третій параметр $c = 1$ відноситься до кількості серверів, тобто $c = 1$ задає число інформаційно-мережних пристроїв, які забезпечують обслуговування запитів у комп'ютерно-мережній системі (*number of servers*);

→четвертий параметр $K = \infty$ (*infinite capacity queue*) відноситься до нескінченної пропускної здатності системи масового обслуговування (*the capacity of the queueing system is infinite*), тобто $K = \infty$ задає нескінченну кількість місць очікування (*infinite-capacity of the queueing system*);

→п'ятий параметр $N_{pop} = \infty$ (*infinite population size*) відноситься до нескінченної загальної кількості клієнтів-робочих станцій (*the customer population is infinite*), які можуть надсилати запити в інформаційно-мережній системі масового обслуговування ($N_{pop} = \infty$ *is infinite number of customers (population) which can request service*);

→шостий параметр $Z = FCFS$ або $Z = FIFO$ (*queueing discipline*) відноситься до дисципліни обслуговування в упорядкованій черзі (Z *is the queue service discipline*), де $Z = FCFS$ означає "first-come, first-served" та $Z = FIFO$ означає "first-in, first-out", коли запити в черзі обслуговуються в порядку їх надходження.

– **Питання 1.11.** $D/M/1/\infty/\infty/FCFS$ –**черга** (або $D/M/1/\infty/\infty/FIFO$ –**черга** або $D/M/1$ –**черга** або $D/M/1$ –задача Ерланга (1917, 1920)), де

→перший параметр $A = D$ (*constant arrival process, deterministic*) відноситься до детермінованого процесу надходження однорідного вхідного потоку запитів на обслуговування з детермінованими інтервалами часу між послідовними запитами, тобто $A = D$ задає детермінований закон (детерміновану функцію) розподілу ймовірностей інтервалів часу між сусідніми моментами надходження запитів (*customer interarrival time distribution*);

→другий параметр (*server Poisson process*) $B = M$ відноситься до марківського експоненціального / Пуассонівського процесу серверного оброблювання запитів, тобто $B = M$ задає експоненційний / Пуассонівський закон (експоненційну / Пуассонівську функцію) розподілу ймовірностей (exponential probability distribution) тривалості серверного обслуговування запитів (*customer service time is exponentially distributed with a Poisson process*);

→третій параметр $c = 1$ відноситься до кількості серверів, тобто $c = 1$ задає число інформаційно-мережних пристроїв, які забезпечують обслуговування запитів у комп'ютерно-мережній системі (*number of servers*);

→четвертий параметр $K = \infty$ (*infinite capacity queue*) відноситься до нескінченної пропускної здатності системи масового обслуговування (*the capacity of the queueing system is infinite*), тобто $K = \infty$ задає нескінченну кількість місць очікування (*infinite-capacity of the queueing system*);

→п'ятий параметр $N_{pop} = \infty$ (*infinite population size*) відноситься до нескінченної загальної кількості клієнтів-робочих станцій (*the customer population is infinite*), які можуть надсилати запити в інформаційно-мережній системі масового обслуговування ($N_{pop} = \infty$ is infinite number of customers (population) which can request service);

→шостий параметр $Z = FCFS$ або $Z = FIFO$ (*queueing discipline*) відноситься до дисципліни обслуговування в упорядкованій черзі (Z is the queue service discipline), де $Z = FCFS$ означає “first-come, first-served” та $Z = FIFO$ означає “first-in, first-out”, коли запити в черзі обслуговуються в порядку їх надходження.

– **Питання 1.12.** $M/G/1/\infty/\infty/FCFS$ –черга (або $M/G/1/\infty/\infty/FIFO$ –черга або $M/G/1$ –черга або $M/G/1$ –задача Поллачека-Хінчіна (*Pollaczek-Khinchine*) (1930) або $M/G/1$ – a single server queueing system with Poissonian arrivals and general service time distribution; the customer population and the waiting space are each assumed to be infinite, and the service discipline is FCFS), де

→перший параметр (*arrival Poisson process*) $A = M$ відноситься до марківського експоненціального (Пуассонівського) процесу надходження вхідного потоку запитів на обслуговування, тобто $A = M$ задає експоненційний (Пуассонівський) закон розподілу ймовірностей (*exponential probability distribution*) інтервалів часу між сусідніми надходженнями запитів (*customer interarrival times are exponentially distributed according to a Poisson process*), причому M означає Марківську відсутність пам'яті (*Markovian memorylessness*);

→другий параметр $B = G$ (*general distribution server process*) відноситься до довільного (або узагальненого) процесу серверного оброблювання запитів, тобто $B = G$ задає довільний закон (функцію) розподілу ймовірностей тривалості серверного обслуговування запитів (*customer service time distribution*);

→третій параметр $c = 1$ відноситься до кількості серверів, тобто $c = 1$ задає число інформаційно-мережних пристроїв, які забезпечують обслуговування запитів у комп'ютерно-мережній системі (*number of servers*);

→четвертий параметр $K = \infty$ (*infinite capacity queue*) відноситься до нескінченної пропускної здатності системи масового обслуговування (*the capacity of the queueing system is infinite*), тобто $K = \infty$ задає нескінченну кількість місць очікування (*infinite-capacity of the queueing system*);

→п'ятий параметр $N_{pop} = \infty$ (*infinite population size*) відноситься до нескінченної загальної кількості клієнтів-робочих станцій (*the customer population is infinite*), які можуть надсилати запити в інформаційно-мережній

системі масового обслуговування ($N_{pop} = \infty$ is infinite number of customers (population) which can request service);

→шостий параметр $Z = FCFS$ або $Z = FIFO$ відноситься до дисципліни обслуговування в упорядкованій черзі (Z is the queue service discipline), де $Z = FCFS$ означає “first-come, first-served” та $Z = FIFO$ означає “first-in, first-out”, коли запити в черзі обслуговуються в порядку їх надходження.

– **Питання 1.13.** $G/M/1/\infty/\infty/FCFS$ –**черга** (або $G/M/1/\infty/\infty/FIFO$ –**черга** або $G/M/1$ –**черга**) для інформаційно-комп’ютерної мережі, де

→перший параметр $A = G$ (arrival process) відноситься до довільного (або узагальненого) процесу надходження непуассонівського вхідного потоку запитів на обслуговування з узагальненими інтервалами часу між послідовними запитами, тобто $A = G$ задає узагальнений закон (узагальнену функцію) розподілу ймовірностей інтервалів часу між сусідніми моментами надходження запитів (the interarrival times of the customers have a general distribution and these interarrival intervals are also independent of each other);

→другий параметр (server Poisson process) $B = M$ відноситься до марківського експоненціального / Пуассонівського процесу серверного оброблювання запитів, тобто $B = M$ задає експоненційний / Пуассонівський закон (експоненційну / Пуассонівську функцію) розподілу ймовірностей (exponential probability distribution) тривалості серверного обслуговування запитів (customer service time is exponentially distributed with a Poisson process);

→третій параметр $c = 1$ відноситься до кількості серверів, тобто $c = 1$ задає число інформаційно-мережних пристроїв, які забезпечують обслуговування запитів у комп’ютерно-мережній системі (number of servers);

→четвертий параметр $K = \infty$ (infinite capacity queue) відноситься до нескінченної пропускної здатності системи масового обслуговування (the capacity of the queueing system is infinite), тобто $K = \infty$ задає нескінченну кількість місць очікування (infinite-capacity of the queueing system);

→п’ятий параметр $N_{pop} = \infty$ (infinite population size) відноситься до нескінченної загальної кількості клієнтів-робочих станцій (the customer population is infinite), які можуть надсилати запити в інформаційно-мережній системі масового обслуговування ($N_{pop} = \infty$ is infinite number of customers (population) which can request service);

→шостий параметр $Z = FCFS$ або $Z = FIFO$ (queueing discipline) відноситься до дисципліни обслуговування в упорядкованій черзі (Z is the queue service discipline), де $Z = FCFS$ означає “first-come, first-served” та $Z = FIFO$ означає “first-in, first-out”, коли запити в черзі обслуговуються в порядку їх надходження.

– **Питання 1.14.** $G/G/1/\infty/\infty/FCFS$ –**черга** (або $G/G/1/\infty/\infty/FIFO$ –**черга** або $G/G/1$ –**черга**) для інформаційно-комп’ютерної мережі, де

→перший параметр $A = G$ (arrival process) відноситься до довільного (або узагальненого) процесу надходження непуассонівського вхідного потоку

запитів на обслуговування з узагальненими інтервалами часу між послідовними запитами, тобто $A = G$ задає узагальнений закон (узагальнену функцію) розподілу ймовірностей інтервалів часу між сусідніми моментами надходження запитів (*the interarrival times of the customers have a general distribution and these interarrival intervals are also independent of each other*);

→другий параметр $B = G$ (*general distribution server process*) відноситься до довільного (або узагальненого) процесу серверного оброблювання запитів, тобто $B = G$ задає довільний закон (функцію) розподілу ймовірностей тривалості серверного обслуговування запитів (*customer service time distribution*);

→третій параметр $c = 1$ відноситься до кількості серверів, тобто $c = 1$ задає число інформаційно-мережних пристроїв, які забезпечують обслуговування запитів у комп'ютерно-мережній системі (*number of servers*);

→четвертий параметр $K = \infty$ (*infinite capacity queue*) відноситься до нескінченної пропускної здатності системи масового обслуговування (*the capacity of the queueing system is infinite*), тобто $K = \infty$ задає нескінченну кількість місць очікування (*infinite-capacity of the queueing system*);

→п'ятий параметр $N_{pop} = \infty$ (*infinite population size*) відноситься до нескінченної загальної кількості клієнтів-робочих станцій (*the customer population is infinite*), які можуть надсилати запити в інформаційно-мережній системі масового обслуговування ($N_{pop} = \infty$ is infinite number of customers (population) which can request service);

→шостий параметр $Z = FCFS$ або $Z = FIFO$ (*queueing discipline*) відноситься до дисципліни обслуговування в упорядкованій черзі (Z is the queue service discipline), де $Z = FCFS$ означає "first-come, first-served" та $Z = FIFO$ означає "first-in, first-out", коли запити в черзі обслуговуються в порядку їх надходження.

– **Питання 1.15.** $G/D/1/\infty/\infty/FCFS$ –черга (або $G/D/1/\infty/\infty/FIFO$ –черга або $G/D/1$ –черга) для інформаційно-комп'ютерної мережі, де

→перший параметр $A = G$ (*arrival process*) відноситься до довільного (або узагальненого) процесу надходження непуассонівського вхідного потоку запитів на обслуговування з узагальненими інтервалами часу між послідовними запитами, тобто $A = G$ задає узагальнений закон (узагальнену функцію) розподілу ймовірностей інтервалів часу між сусідніми моментами надходження запитів (*the interarrival times of the customers have a general distribution and these interarrival intervals are also independent of each other*);

→другий параметр $B = D$ (*constant server process, deterministic*) відноситься до детермінованого процесу серверного оброблювання запитів, тобто $B = D$ задає детермінований закон (функцію) розподілу ймовірностей тривалості серверного обслуговування запитів (*customer service time distribution*);

→ третій параметр $c = 1$ відноситься до кількості серверів, тобто $c = 1$ задає число інформаційно-мережних пристроїв, які забезпечують обслуговування запитів у комп'ютерно-мережній системі (*number of servers*);

→ четвертий параметр $K = \infty$ (*infinite capacity queue*) відноситься до нескінченної пропускної здатності системи масового обслуговування (*the capacity of the queueing system is infinite*), тобто $K = \infty$ задає нескінченну кількість місць очікування (*infinite-capacity of the queueing system*);

→ п'ятий параметр $N_{pop} = \infty$ (*infinite population size*) відноситься до нескінченної загальної кількості клієнтів-робочих станцій (*the customer population is infinite*), які можуть надсилати запити в інформаційно-мережній системі масового обслуговування ($N_{pop} = \infty$ is infinite number of customers (population) which can request service);

→ шостий параметр $Z = FCFS$ або $Z = FIFO$ (*queueing discipline*) відноситься до дисципліни обслуговування в упорядкованій черзі (Z is the queue service discipline), де $Z = FCFS$ означає "first-come, first-served" та $Z = FIFO$ означає "first-in, first-out", коли запити в черзі обслуговуються в порядку їх надходження.

– **Питання 1.16.** $D/G/1/\infty/\infty/FCFS$ –черга (або $D/G/1/\infty/\infty/FIFO$ –черга або $D/G/1$ –черга) для інформаційно-комп'ютерної мережі, де

→ перший параметр $A = D$ (*constant arrival process, deterministic*) відноситься до детермінованого процесу надходження однорідного вхідного потоку запитів на обслуговування з детермінованими інтервалами часу між послідовними запитами, тобто $A = D$ задає детермінований закон (детерміновану функцію) розподілу ймовірностей інтервалів часу між сусідніми моментами надходження запитів (*customer interarrival time distribution*);

→ другий параметр $B = G$ (*general distribution server process*) відноситься до довільного (або узагальненого) процесу серверного оброблювання запитів, тобто $B = G$ задає довільний закон (функцію) розподілу ймовірностей тривалості серверного обслуговування запитів (*customer service time distribution*);

→ третій параметр $c = 1$ відноситься до кількості серверів, тобто $c = 1$ задає число інформаційно-мережних пристроїв, які забезпечують обслуговування запитів у комп'ютерно-мережній системі (*number of servers*);

→ четвертий параметр $K = \infty$ (*infinite capacity queue*) відноситься до нескінченної пропускної здатності системи масового обслуговування (*the capacity of the queueing system is infinite*), тобто $K = \infty$ задає нескінченну кількість місць очікування (*infinite-capacity of the queueing system*);

→ п'ятий параметр $N_{pop} = \infty$ (*infinite population size*) відноситься до нескінченної загальної кількості клієнтів-робочих станцій (*the customer population is infinite*), які можуть надсилати запити в інформаційно-мережній системі масового обслуговування ($N_{pop} = \infty$ is infinite number of customers (population) which can request service);

→шостий параметр $Z = FCFS$ або $Z = FIFO$ (*queueing discipline*) відноситься до дисципліни обслуговування в упорядкованій черзі (*Z is the queue service discipline*), де $Z = FCFS$ означає “*first-come, first-served*” та $Z = FIFO$ означає “*first-in, first-out*”, коли запити в черзі обслуговуються в порядку їх надходження.

**Типові теоретичні питання для підготовки
до контрольної роботи КР2 з дисципліни «Комп'ютерне моделювання»**

– Питання 2.1. Zhou, Wen, Zhao-2007-модель

Zhou, Wen, Zhao – 2007 – модель поширення комп'ютерної інфекції активних лагідних мережних хробаків – **Active Benign Worms**:

Підходи до опису та моделювання активних (*active*) та гібридних (*hybrid*) «лагідних» мережних хробаків (*benign worms*) в роботі “*Modeling and Analysis of Active Benign Worms and Hybrid Benign Worms. Containing the Spread of Worms*” (<https://doi.org/10.1109/ICN.2007.58>) авторів Zhou, Wen, Zhao (2007) з ресурсу

https://www.researchgate.net/publication/221056660_Modeling_and_Analysis_of_Active_Benign_Worms_and_Hybrid_Benign_Worms_Containing_the_Spread_of_Worms

Диференціальні рівняння та графіки для моделі поширення активних лагідних мережних хробаків – **Active Benign Worms (Zhou, Wen, Zhao (2007))**.

Тлумачення результатів для моделі поширення активних лагідних мережних хробаків – **Active Benign Worms (Zhou, Wen, Zhao (2007))**.

– Питання 2.2. Zou, Gong, Towsley-2002-модель

Двофакторна **Zou, Gong, Towsley-2002-модель** поширення комп'ютерно-мережної інфекції, запропонована у (**Two-factor worm model (Zou, Gong, Towsley (2002))**); <https://doi.org/10.1145/586110.586130>):

Двофакторна модель поширення мережних хробаків (**two-factor worm model**), запропонована та сформульована в роботі “*Code Red Worm Propagation Modeling and Analysis*” <https://doi.org/10.1145/586110.586130> авторів Zou, Gong, Towsley (2002), доступна як <http://www.cs.ucf.edu/~czou/research/codered.pdf>

Диференціальні рівняння та графіки для двофакторної хробакової моделі – **two-factor worm model (Zou, Gong, Towsley (2002))**.

Тлумачення результатів для двофакторної хробакової моделі – **Two-factor worm model (Zou, Gong, Towsley (2002))**.

– Питання 2.3. Модель Кермака-Маккендріка (Kermack–McKendrick)

Епідемічна модель (теорія) **Кермака–Маккендріка (Kermack–McKendrick)** поширення комп'ютерно-мережних інфекцій. Диференціальні рівняння та графіки для моделі **Кермака–Маккендріка (Kermack–McKendrick)**. Тлумачення результатів для моделі **Кермака–Маккендріка (Kermack–McKendrick)** поширення комп'ютерно-мережних інфекцій.

– Питання 2.4. Модель Кефарта–Уайта (Kephart–White)

Епідемічна модель (теорія) **Кефарта–Уайта (Kephart–White)** поширення комп'ютерно-мережних інфекцій. Диференціальні рівняння та графіки для

моделі Кефарта–Уайта (Kephart–White). Тлумачення результатів для моделі Кефарта–Уайта (Kephart–White).

– Питання 2.5. AAWP-модель

AAWP-модель поширення комп'ютерно-мережної інфекції: AAWP model = Analytical Active Worm Propagation model = Аналітична модель поширення активних мережних хробаків відповідно до роботи “*Modeling the Spread of Active Worms*” <https://doi.org/10.1109/INFCOM.2003.1209211> від Chen, Gao та Kwiat, https://www.researchgate.net/publication/4021126_Modeling_the_Spread_of_Active_Worms Диференціальні рівняння та графіки для AAWP-моделі. Тлумачення результатів для AAWP-моделі.

– Питання 2.6. SI-модель

SI-модель поширення комп'ютерно-мережної інфекції: SI model = susceptible–infected (infectious) model = (неінфікований хост, уразливий (сприйнятливий, чутливий) до комп'ютерного мережного зараження) – (інфікований хост, уражений мережним хробаком (черв'яком)). Диференціальні рівняння та графіки для SI-моделі. Тлумачення результатів для SI-моделі.

– Питання 2.7. SIR-модель

SIR-модель поширення комп'ютерно-мережної інфекції: SIR model = susceptible – infected (infectious) – removed (recovered) model = (неінфікований хост, уразливий (сприйнятливий, чутливий) до комп'ютерного мережного зараження) – (інфікований хост, уражений комп'ютерно-мережним хробаком (черв'яком)) – («знешкоджений» «зnezаражений» хост із усуненням комп'ютерно-мережним зараженням). Диференціальні рівняння та графіки для SIR-моделі. Тлумачення результатів для SIR-моделі.

– Питання 2.8. SIS-модель

SIS-модель поширення комп'ютерно-мережної інфекції: SIS model = susceptible – infected (infectious) – susceptible model = (неінфікований хост, уразливий (сприйнятливий, чутливий) до комп'ютерного мережного зараження) – (інфікований хост, уражений комп'ютерно-мережним хробаком (черв'яком)) – (неінфікований хост, повторно уразливий (повторно сприйнятливий, повторно чутливий, з відсутністю імунітету) до наступного комп'ютерного мережного зараження). Диференціальні рівняння та графіки для SIS-моделі.

Тлумачення результатів для SIS-моделі.

– Питання 2.9. SEI-модель

SEI-модель поширення комп'ютерно-мережної інфекції: SEI model = susceptible – exposed – infected model = (неінфікований хост, уразливий (сприйнятливий, чутливий) до комп'ютерного мережного зараження) –

[**латентний стан** інфікування вузла мережі, який є латентно-інфікованим, але не поширює вірусу, коли комп'ютерний хробак вже **інфікував** вразливий вузол комп'ютерно-інформаційної мережі і одразу перейшов у **інкубаційний період**, упродовж якого вірус не спричиняє жодної шкоди інфікованому вузлу] – (інфікований хост, **уражений** мережним хробаком (черв'яком)). Диференціальні рівняння та графіки для **SEI-моделі**. Тлумачення результатів для **SEI-моделі**.

– Питання 2.10. **SEIR-модель**

SEIR-модель поширення комп'ютерно-мережної інфекції: **SEIR** model = **susceptible – exposed – infected (infectious) – removed (recovered)** model = (неінфікований хост, **уразливий** (сприйнятливий, чутливий) до комп'ютерного мережного зараження) – [**латентний стан** інфікування вузла комп'ютерної інформаційної мережі, який є латентно-інфікованим, але не поширює вірусу, коли комп'ютерний мережний хробак вже **інфікував** вразливий вузол комп'ютерно-інформаційної мережі і одразу перейшов у **інкубаційний період**, упродовж якого вірус не спричиняє жодної шкоди інфікованому вузлу мережі] – (інфікований хост, **уражений** мережним хробаком (черв'яком)) – («знешкоджений» **«зnezаражений»** хост із **усуненим** комп'ютерним мережним зараженням). Диференціальні рівняння та графіки для **SEIR-моделі**.

Тлумачення результатів для **SEIR-моделі**.

– Питання 2.11. **SEIS-модель**

SEIS-модель поширення комп'ютерно-мережної інфекції: **SEIS** model = **susceptible – exposed – infectious (infected) – susceptible** model = (неінфікований хост, **уразливий** (сприйнятливий, чутливий) до комп'ютерного мережного зараження) – [**латентний стан** інфікування вузла комп'ютерної мережі, який є латентно-інфікованим, але не поширює вірусу, коли комп'ютерний хробак вже **інфікував** вразливий вузол комп'ютерно-інформаційної мережі і одразу перейшов у **інкубаційний період**, упродовж якого вірус не спричиняє жодної шкоди інфікованому вузлу] – (інфікований хост, **уражений** мережним хробаком (черв'яком)) – (неінфікований хост, повторно **уразливий** (повторно сприйнятливий, повторно чутливий) до наступного комп'ютерного мережного зараження). Диференціальні рівняння та графіки для **SEIS-моделі**.

Тлумачення результатів для **SEIS-моделі**.

– Питання 2.12. **SAIR-модель**

SAIR-модель поширення комп'ютерно-мережної інфекції: **SAIR** model = **susceptible – antidotal – infected – removed** model = (неінфікований хост, **уразливий** (сприйнятливий, чутливий) до комп'ютерного зараження) – (неінфікований хост зі **встановленим антивірусом**) – (інфікований хост, **уражений** мережним хробаком (черв'яком)) – («знешкоджений» **«зnezаражений»** хост із **усуненим** комп'ютерним зараженням).

Диференціальні рівняння та графіки для SAIR-моделі. Тлумачення результатів для SAIR-моделі.

– Питання 2.13. SIQR-модель

SIQR-модель поширення комп'ютерно-мережної інфекції: SIQR model = susceptible – infected (infectious) – quarantined (quarantine) – recovered model = (неінфікований хост, уразливий (сприйнятливий, чутливий) до комп'ютерного мережного зараження) – (інфікований хост, уражений мережним хробаком (черв'яком), але який не знаходиться у карантині/ізоляції) – (карантинний (ізольований) хост) – («знешкоджений» «зnezаражений» хост із усуненим комп'ютерним мережним зараженням). Диференціальні рівняння та графіки для SIQR-моделі. Тлумачення результатів для SIQR-моделі.

– Питання 2.14. SIQS-модель

SIQS-модель поширення комп'ютерно-мережної інфекції: SIQS model = susceptible – infected (infectious) – quarantined (quarantine) – susceptible model = (неінфікований хост, уразливий (сприйнятливий, чутливий) до комп'ютерного мережного зараження) – (інфікований хост, уражений мережним хробаком (черв'яком), але який не знаходиться у карантині/ізоляції) – (карантинний (ізольований) хост) – (неінфікований хост, повторно уразливий (повторно сприйнятливий, повторно чутливий) до наступного комп'ютерного мережного зараження). Диференціальні рівняння та графіки для SIQS-моделі.

Тлумачення результатів для SIQS-моделі.

– Питання 2.15. SIRS-модель

SIRS-модель поширення комп'ютерно-мережної інфекції: SIRS model = susceptible–infected–removed (recovered) – susceptible model = (неінфікований хост, уразливий (сприйнятливий, чутливий) до комп'ютерного мережного зараження) – (інфікований хост, уражений мережним хробаком (черв'яком)) – («знешкоджений» «зnezаражений» хост із усуненим комп'ютерно-мережним зараженням) – (неінфікований хост, повторно уразливий (повторно сприйнятливий, повторно чутливий) до наступного комп'ютерно-мережного зараження). Диференціальні рівняння та графіки для SIRS-моделі.

Тлумачення результатів для SIRS-моделі.

– Питання 2.16. MSIR-модель

MSIR-модель поширення комп'ютерно-мережної інфекції: MSIR model = maternally-resistant (maternally-derived immunity) – susceptible – infected (infectious) – removed (recovered) model = новий хост-«немовля» з «материнським» імунітетом (стійкий до комп'ютерної мережної інфекції з пасивним імунітетом за «материнською лінією») – (неінфікований хост, уразливий (сприйнятливий, чутливий) до комп'ютерного мережного зараження) – (інфікований хост, уражений комп'ютерним мережним хробаком (черв'яком)) – («знешкоджений» «зnezаражений» хост із усуненим

комп'ютерним мережним зараженням). Диференціальні рівняння та графіки для **MSIR-моделі**.

Тлумачення результатів для **MSIR-моделі**.

– Питання 2.17. **SIRD-модель**

SIRD-модель поширення комп'ютерно-мережної інфекції:

SIRD model = **susceptible – infected (infectious) – removed (recovered) – dead (deceased)** model = (неінфікований хост, **уразливий** (сприйнятливий, чутливий) до комп'ютерного мережного зараження) – (інфікований хост, **уражений** комп'ютерно-мережним хробаком (черв'яком)) – («знешкоджений» **«зnezаражений»** хост із **усуненим** комп'ютерним мережним зараженням) – **мережно-«померлий» (мережно-«покійний»)** хост, який необоротно вийшов з ладу та повністю припинив своє подальше комп'ютерно-мережне функціонування. Диференціальні рівняння та графіки для **SIRD-моделі**.

Тлумачення результатів для **SIRD-моделі**.

– Питання 2.18. **PSIDR-модель**

PSIDR-модель поширення комп'ютерно-мережної інфекції:

PSIDR model = **progressive susceptible – infected – detected – removed** model = (неінфікований хост, **прогресуюче уразливий** (прогресуюче сприйнятливий, прогресуюче чутливий) до комп'ютерного мережного зараження) – (інфікований хост, **уражений** мережним хробаком (черв'яком)) – [стан **детектування** (виявлення, викриття), коли інфікований комп'ютер/хост тимчасово ізолюється/вилучається від зовнішньої інформаційної мережі користувачем/технічним спеціалістом для подальшого **«лікування»** із наступним застосуванням оновленого антивірусного програмного забезпечення] – («знешкоджений» **«зnezаражений»** хост із **усуненим** комп'ютерно-мережним зараженням).

Диференціальні рівняння та графіки для **PSIDR-моделі**.

Тлумачення результатів для **PSIDR-моделі**.

– Питання 2.19. **SAIRS-модель**

SAIRS-модель поширення комп'ютерно-мережної інфекції:

SAIRS model = **susceptible – antidotal – infected (infectious) – removed – susceptible** model = (неінфікований хост, **уразливий** (сприйнятливий, чутливий) до комп'ютерного мережного зараження) – (неінфікований хост зі **встановленим антивірусом**) – (інфікований хост, **уражений** мережним хробаком (черв'яком)) – («знешкоджений» **«зnezаражений»** хост із **усуненим** комп'ютерним мережним зараженням) – (неінфікований хост, повторно **уразливий** (повторно сприйнятливий, повторно чутливий) до наступного комп'ютерного мережного зараження).

Диференціальні рівняння та графіки для **SAIRS-моделі**.

Тлумачення результатів для **SAIRS-моделі**.

– Питання 2.20. **SEIQR-модель**

SEIQR-модель поширення комп'ютерно-мережної інфекції:

SEIQR model = **susceptible – exposed – infected (infectious) – quarantined (quarantine) – recovered model** = (неінфікований хост, **уразливий** (чутливий, сприйнятливий) до комп'ютерного мережного зараження) – [**латентний стан** інфікування вузла мережі, який є латентно-інфікованим, але не поширює вірусу, коли комп'ютерний хробак вже **інфікував** вразливий вузол комп'ютерно-інформаційної мережі і одразу перейшов у **інкубаційний період**, упродовж якого вірус не спричиняє жодної шкоди інфікованому вузлу] – (**інфікований** хост, **уражений** мережним хробаком (черв'яком), але який не знаходиться у карантині/ізоляції) – (**карантинний** (ізольований) хост) – («знешкоджений» **зnezаражений**) хост із **усуненим** комп'ютерним мережним зараженням).

Диференціальні рівняння та графіки для **SEIQR-моделі**.

Тлумачення результатів для **SEIQR-моделі**.

– Питання 2.21. **SEIRS-модель**

SEIRS-модель поширення комп'ютерно-мережної інфекції:

SEIRS model = **susceptible – exposed – infected – removed (recovered) – susceptible** model = (неінфікований хост, **уразливий** (сприйнятливий, чутливий) до комп'ютерного мережного зараження) – [**латентний стан** інфікування вузла мережі, який є латентно-інфікованим, але не поширює вірусу, коли комп'ютерний хробак вже **інфікував** вразливий вузол комп'ютерно-інформаційної мережі і одразу перейшов у **інкубаційний період**, упродовж якого вірус не спричиняє жодної шкоди інфікованому вузлу] – (**інфікований** хост, **уражений** мережним хробаком (черв'яком)) – («знешкоджений» **зnezаражений**) хост із **усуненим** комп'ютерним зараженням) – (неінфікований хост, повторно **уразливий** (повторно сприйнятливий, повторно чутливий) до наступного комп'ютерного мережного зараження).

Диференціальні рівняння та графіки для **SEIRS-моделі**.

Тлумачення результатів для **SEIRS-моделі**.

– Питання 2.22. **SIQRS-модель**

SIQRS-модель поширення комп'ютерно-мережної інфекції:

SIQRS model = **susceptible – infected (infectious) – quarantined (quarantine) – recovered – susceptible** model = (неінфікований хост, **уразливий** (сприйнятливий, чутливий) до комп'ютерного мережного зараження) – (**інфікований** хост, **уражений** мережним хробаком (черв'яком), але який не знаходиться у карантині/ізоляції) – (**карантинний** (ізольований) хост) – («знешкоджений» **зnezаражений**) хост із **усуненим** комп'ютерним зараженням) – (неінфікований хост, повторно **уразливий** (повторно сприйнятливий, повторно чутливий) до наступного мережного зараження).

Диференціальні рівняння та графіки для **SIQRS-моделі**.

Тлумачення результатів для SIQRS-моделі.

– Питання 2.23. SEIQV-модель

SEIQV-модель поширення комп'ютерно-мережної інфекції:

SEIQV model = susceptible – exposed – infected (infectious) – quarantined (quarantine) – vaccinated model = (неінфікований хост, уразливий (сприйнятливий, чутливий) до комп'ютерного мережного зараження) – [латентний стан інфікування вузла мережі, який є латентно-інфікованим, але не поширює вірусу, коли комп'ютерний хробак вже інфікував вразливий вузол комп'ютерно-інформаційної мережі і одразу перейшов у інкубаційний період, упродовж якого вірус не спричиняє жодної шкоди інфікованому вузлу] – (інфікований хост, уражений мережним хробаком (черв'яком), але який не знаходиться у карантині/ізоляції) – (карантинний (ізольований) хост) – («вакцинований» хост із імунітетом до такого комп'ютерного мережного зараження як мережні хробаки Code Red, Slammer, Witty і т.д.).

Диференціальні рівняння та графіки для SEIQV-моделі.

Тлумачення результатів для SEIQV-моделі.

– Питання 2.24. VEISV-модель

VEISV-модель поширення комп'ютерно-мережної інфекції:

VEISV model = vulnerable – exposed – infectious (infected) – secured – vulnerable model = (неінфікований хост, уразливий до комп'ютерного мережного зараження) – [латентний стан інфікування вузла мережі, який є латентно-інфікованим, але не поширює вірусу, коли комп'ютерний хробак вже інфікував вразливий вузол комп'ютерно-інформаційної мережі і одразу перейшов у інкубаційний період, упродовж якого вірус не спричиняє жодної шкоди інфікованому вузлу] – (інфікований хост, уражений мережним хробаком (черв'яком)) – (захищений (ізольований) хост із усуненням комп'ютерним зараженням) – (неінфікований хост, повторно уразливий до наступного комп'ютерного мережного зараження). Диференціальні рівняння та графіки для VEISV-моделі. Тлумачення результатів для VEISV-моделі.

– Питання 2.25. MSEIR-модель

MSEIR-модель поширення комп'ютерно-мережної інфекції:

MSEIR model = maternally-resistant (maternally-derived immunity) – susceptible – exposed – infected – removed (recovered) model = новий хост-«немовля» з «материнським» імунітетом (стійкий до комп'ютерної мережної інфекції з пасивним імунітетом за «материнською лінією») – (неінфікований хост, уразливий (сприйнятливий, чутливий) до комп'ютерного зараження) – [латентний стан інфікування вузла мережі, який є латентно-інфікованим, але не поширює вірусу, коли комп'ютерний хробак вже інфікував вразливий вузол комп'ютерної мережі і одразу перейшов у інкубаційний період, упродовж якого вірус не спричиняє жодної шкоди інфікованому вузлу] – (інфікований

хост, **уражений** мережним хробаком (черв'яком) – («знешкоджений» «**зnezаражений**» хост із **усуненим** комп'ютерним мережним зараженням).

Диференціальні рівняння та графіки для **MSEIR-моделі**.

Тлумачення результатів для **MSEIR-моделі**.

– Питання 2.26. **SEIQRS-модель**

SEIQRS-модель поширення комп'ютерно-мережної інфекції:

SEIQRS model = **susceptible – exposed – infected (infectious) – quarantined (quarantine) – recovered – susceptible** model = (неінфікований хост, **уразливий** (сприйнятливий, чутливий) до комп'ютерного мережного зараження) – [**латентний стан** інфікування вузла мережі, який є латентно-інфікованим, але не поширює вірусу, коли комп'ютерний хробак вже **інфікував** вразливий вузол комп'ютерно-інформаційної мережі і одразу перейшов у **інкубаційний період**, упродовж якого вірус не спричиняє жодної шкоди інфікованому вузлу] – (**інфікований** хост, **уражений** мережним хробаком (черв'яком), але який не знаходиться у карантині/ізоляції) – (**карантинний** (ізольований) хост) – («знешкоджений» «**зnezаражений**» хост із **усуненим** комп'ютерним зараженням) – (неінфікований хост, повторно **уразливий** (повторно сприйнятливий, повторно чутливий) до наступного комп'ютерного зараження).

Диференціальні рівняння та графіки для **SEIQRS-моделі**.

Тлумачення результатів для **SEIQRS-моделі**.

– Питання 2.27. **MSEIRS-модель**

MSEIRS-модель поширення комп'ютерно-мережної інфекції:

MSEIRS model = **maternally-resistant (maternally-derived immunity) – susceptible – exposed – infected – removed (recovered) – susceptible** model = новий хост-«**немовля**» з «**материнським**» **імунітетом** (стійкий до комп'ютерної мережної інфекції з **пасивним імунітетом** за «материнською лінією») – (неінфікований хост, **уразливий** (сприйнятливий, чутливий) до комп'ютерного мережного зараження) – [**латентний стан** інфікування вузла мережі, який є латентно-інфікованим, але не поширює вірусу, коли комп'ютерний хробак вже **інфікував** вразливий вузол комп'ютерно-інформаційної мережі і одразу перейшов у **інкубаційний період**, упродовж якого вірус не спричиняє жодної шкоди інфікованому вузлу] – (**інфікований** хост, **уражений** мережним хробаком (черв'яком) – («знешкоджений» «**зnezаражений**» хост із **усуненим** комп'ютерним зараженням) – (неінфікований хост, повторно **уразливий** (повторно сприйнятливий, повторно чутливий) до комп'ютерного зараження).

Диференціальні рівняння та графіки для **MSEIRS-моделі**.

Тлумачення результатів для **MSEIRS-моделі**.