

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна академія»
Кафедра автоматизації, метрології та енергоефективних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістра

на тему

Моделювання системи масового обслуговування в середовищі Matlab + Simulink
(тема кваліфікаційної роботи)

Виконав: студент __ курсу, групи ДЕА-ІВ23мг
спеціальності : 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

_____/ Богдан ОЛІЙНИК
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник _____/ Наталія АНТОНЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент _____/ _____
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри _____/ Геннадій КАНЮК
(підпис) (ім'я та прізвище)

Нормоконтроль _____/ Євгеній КЛЮЧКА
(підпис) (ім'я та прізвище)

Секретар ЕК _____/ Євгеній КЛЮЧКА
(підпис) (ім'я та прізвище)

Харків – 2024 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ В. Н. КАРАЗІНА
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
«УКРАЇНСЬКА ІНЖЕНЕРНО-ПЕДАГОГІЧНА АКАДЕМІЯ»

Кафедра автоматизації, метрології та енергоефективних технологій

Спеціальність 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка

Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

(підпис)

д.т.н., проф. Геннадій КАНЮК

«___» 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу (дипломну роботу/дипломний проєкт)

другого (магістерського) рівня вищої освіти

здобувачу (ці) вищої освіти Богдану ОЛІЙНИКУ
(ім'я, прізвище)

1. Тема «Моделювання системи масового обслуговування в середовищі Matlab + Simulink»

затверджена наказом по академії № 4801-5/3704 від 21.11.2024 р.

2. Термін здачі закінченої роботи «05» грудня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи/проєкту : Закони України, Постанови Верховної Ради, Постанови Кабінету Міністрів, теоретичні та практичні розробки вітчизняних та зарубіжних авторів за темою роботи, періодичні видання, статистичні дані, галузева нормативна документація, технологічна документація.

4. Зміст роботи/проєкту (перелік питань, що їх належить розробити): Вступ. 1. Моделі систем масового обслуговування. 2. Об'єкт та методи дослідження. 3. Моделювання системи масового обслуговування з обмеженим часом перебування в системі в середовищі Matlab + Simulink. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (презентаційний матеріал): 1. Ціль, об'єкт, предмет та задачі дослідження. 2. Модель СМО. 3. Імітаційне моделювання СМО. 4. Характеристики СМО 5. Дисципліни обслуговування. 6. Модифікація СМО з обмеженим часом перебування у системі. 7. Кількість заявок у черзі. 8. Модель СМО G/G/2 з наявністю невідкладних заявок у системі. 9. Результати дослідження

модифікованої моделі СМО G/G/2. 10. Результати дослідження моделі за часом. Висновки.

6. Консультант:

Розділ	Консультант	Підпис, дата		Оцінка (бали)
		Завдання видав	Завдання прийняв	

7. Дата видачі завдання «2» вересня 2024 р.

Керівник роботи

(підпис) Наталія АНТОНЕНКО
(ім'я, прізвище)

Завдання прийняв до виконання

(підпис) Богдан ОЛІЙНИК
(ім'я, прізвище)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК виконання кваліфікаційної роботи (дипломної роботи/дипломного проєкту)

№ з/п	Назва етапів роботи та питань, які мають бути розроблені відповідно до завдання	Термін виконання	Позначки керівника про виконання завдань
1	Вступ	02.09.2024 – 05.09.2024	
2	Моделі систем масового обслуговування	06.09.2024 – 15.10.2024	
3	Об'єкт та методи дослідження	16.10.2024 – 05.11.2024	
4	Моделювання системи масового обслуговування з обмеженням часом перебування в системі в середовищі Matlab + Simulink	06.11.2024 – 10.11.2024	
5	Висновки	11.11.2024 – 25.11.2024	
6	Оформлення пояснювальної записки	26.11.2024 – 01.12.2024	
7	Оформлення презентації	02.12.2024 – 05.12.2024	

Здобувач (ка) вищої освіти

(підпис) Богдан ОЛІЙНИК
(ім'я, прізвище)

Нормоконтроль

(підпис) Євгеній КЛЮЧКА
(ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка дипломної роботи складає: 76 сторінок, 23 рисунки, 9 таблиць, 20 переліків посилань.

Ключові слова: ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, СИСТЕМИ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ, НЕВІДКЛАДНІ ЗАЯВКИ, ДИСЦИПЛІНА ОЧІКУВАННЯ ТА ОБСЛУГОВУВАННЯ, MATLAB, SIMEVENTS, SIMULINK, STATEFLOW

Об'єктом дослідження є модель системи масового обслуговування СМО, аналіз характеристик якої потребує модифікації структури СМО, законів управління тощо.

Мета цієї роботи полягає у дослідженні моделі систем масового СМО з невідкладними заявками.

У процесі дослідження було розроблено моделі СМО, проведено експерименти з розробленими моделями, зроблено порівняння між різними модифікаціями систем.

В результаті дослідження було отримано моделі СМО, застосування яких дозволяє вирішити різні практичні завдання при присвоєнні їм конкретних властивостей та обмежень, що має високу практичну значущість. Наприклад, завдання енергозбереження, проектування процесів економіки, прогнозування, ефективне використання ресурсів, оптимізація систем управління.

Обґрунтовано, що розроблена модель може бути застосована під час вирішення завдань з використанням теорії масового обслуговування і модифікована під конкретне виробниче завдання.

ABSTRACT

An explaining message consists of: 76 pages, 23 pictures, 9 tables, 20 lists of references.

Keywords: SIMULATION MODELING, QUEUING SYSTEMS, URGENT REQUESTS, WAITING AND SERVICE DISCIPLINE, MATLAB, SIMEVENTS, SIMULINK, STATEFLOW

The object of the study is a model of a mass service system of the QMO, the analysis of the characteristics of which requires modification of the QMO structure, control laws, etc.

The purpose of this work is to study the model of mass QMO systems with urgent requests.

In the process of the study, QMO models were developed, experiments were conducted with the developed models, and comparisons were made between different modifications of the systems.

As a result of the study, QMO models were obtained, the application of which allows solving various practical problems by assigning them specific properties and restrictions, which is of high practical significance. For example, the problem of energy conservation, design of economic processes, forecasting, efficient use of resources, optimization of control systems.

It is substantiated that the developed model can be applied when solving problems using the theory of mass service and modified for a specific production task.

ПЕРЕЛІК СКРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ

ЕОМ – електронно-обчислювальна машина

О.П. – обслуговуючий прилад

СМО - система масового обслуговування

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 МОДЕЛІ СИСТЕМ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ	9
Висновки по першому розділу	11
РОЗДІЛ 2 ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	12
2.1 Система масового обслуговування.....	12
2.2 Засоби, що використовуються в роботі.....	14
2.2.1 MatLab.....	14
2.2.2 Бібліотека Simulink.....	15
2.2.3 Бібліотека Stateflow	16
2.2.4 Бібліотека SimEvents	18
2.2.5 Опис компонентів бібліотеки SimEvents.....	18
Висновки по другому розділу.....	19
РОЗДІЛ 3 МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ з В СЕРЕДОВИЩІ MATLAB + SIMULINK.....	21
3.1.1 Параметри СМО	21
3.1.2 Структура СМО	21
3.1.3 Імітаційне моделювання СМО.....	22
3.2 Модифікація СМО з обмеженим часом перебування у системі	39
3.2.1 Принцип надходження заявок обслуговування	40
3.2.2 Результати проведеного дослідження модифікованої системи	42
3.3 Модель СМО G/G/2 з наявністю невідкладних заявок у системі	52
3.3.1 Принцип надходження заявок обслуговування	53
3.3.2 Результати проведеного дослідження з модифікованою системою	56
Висновки по розділу	70
ВИСНОВОК	71
ПЕРЕЛІК ПОСЛАНЬ	72

ВСТУП

Розвиток та вдосконалення – це невід'ємна частина світу науки та техніки. Для кожної сфери діяльності людини характерні розробка та впровадження нових проектів та технологій. Щоб визначити можливу ефективність нововведення, його властивості, характеристики та можливості, розробники конструюють модель системи, що вивчається, наділяючи її всіма необхідними якостями. Моделювання є обов'язковою частиною досліджень і розробок, оскільки складність будь-якого матеріального об'єкта і навколишнього світу нескінченна внаслідок невичерпності матерії та форм її взаємодії, - як у собі, так і із зовнішнім середовищем [1].

Моделювання – один із найпоширеніших методів прогнозування, імітації та аналізу об'єктів та систем, який дозволяє визначати параметри системи, характеристики та закономірності. Таку популярність аналізований метод (комп'ютерне моделювання) набув чинності широкої поширеності комп'ютерних технологій у наші дні; крім того, комп'ютерне моделювання дозволяє імітувати свідомо небезпечні досліди, які можуть призвести до надзвичайних наслідків. Також даний метод використовується щодо аналізу тривалих і дорогих розробок [2].

Однією з переваг цього методу вважається можливість точно візуалізувати поведінку системи за різних умов і станів системи, тому моделювання використовується для передбачення поведінки систем у ході небезпечних експериментів, здатних призвести до надзвичайних наслідків. Моделювання застосовується у різних сферах, таких як: бізнес, будівництво, машинобудування, виробництво, наукові дослідження (фізичні, хімічні, математичні тощо) та ін.

Мета цієї роботи полягає у дослідженні моделі систем масового обслуговування з невідкладними заявками.

Об'єкт дослідження – розробка різних підсистем управління модифікації СМО з обмеженим часом перебування заявок у системі.

Задачі дослідження. Для досягнення мети дослідження необхідно вирішити такі завдання.

1. Провести аналіз методів і засобів імітаційного моделювання, обґрунтувати вибір для проведення моделювання.

2. Провести аналіз та дослідити особливості об'єкту дослідження, обґрунтувати методи, використовувані при моделюванні.

3. Провести моделювання системи масового обслуговування в середовищі MatLab + Simulink і її модифікацій та провести їх дослідження.

У ході роботи розроблено моделі СМО, застосування яких дозволяє вирішити різні практичні завдання при присвоєнні їм конкретних властивостей та обмежень, що має високу практичну значущість. Наприклад, завдання енергозбереження, проектування процесів економіки, прогнозування, ефективне використання ресурсів, оптимізація систем управління.

РОЗДІЛ 1

МОДЕЛІ СИСТЕМ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

Вивчення різних об'єктів або цілих систем можливе за допомогою моделювання об'єкта, що вивчається, незалежно від того, чи існує система або знаходиться в розробці. Особливий інтерес викликають критичні стани, для таких досліджень оригінал замінюють моделлю, привласнюючи всі характерні властивості і параметри об'єкта. Мета цього методу – це прогнозування, тобто передбачення поведінки об'єкта у конкретній ситуації. Це дозволяє діагностувати як серйозні помилки, і невеликі недоліки системи, крім недоліків цьому етапі можуть виявлятися переваги нової розробки.

Моделювання охоплює широкий спектр завдань, тому застосовується у різних сферах: інформаційні технології, машинобудування, видобуток природних ресурсів, наукові дослідження, космос, військова галузь.

У даній роботі вирішується завдання вивчення законів управління системою СМО.

Система масового обслуговування – це система, яка виконує обслуговування вимог, що надходять до неї, вимоги також називаються заявками або сутностями. Імітаційне моделювання - це поширений різновид аналогового моделювання, що реалізується за допомогою набору математичних інструментальних засобів, спеціальних комп'ютерних програм, що імітують, і технологій програмування [1].

Імітаційна модель – це спеціальний програмний комплекс, що дозволяє імітувати роботу складного об'єкта.

Створення імітаційної моделі виконується у спеціальному програмному забезпеченні, яке називається системою моделювання. У цій роботі у ролі системи моделювання виступає підсистема Simulink програми MatLab.

Діяльність [3] проводиться вивчення процесу моделювання системи масового обслуговування заявок, мають різний пріоритет.

У роботі [4] розглядається багатоканальна СМО з очікуванням. У роботі проводиться оцінка кількості пунктів збору плати за проїзд на платній ділянці дороги, необхідної для оптимальної тривалості перебування машини у системі.

У роботі [5] розглядаються системи з різними дисциплінами очікування та обслуговування. Зокрема в ній були розглянуті 3 варіанти дисципліни обслуговування: безпріоритетна, з відносними та абсолютними пріоритетами. Було проведено серію експериментів для порівняння між собою цих систем та виявлення параметрів, які необхідно враховувати при проектуванні СМО такого роду.

У статті [6] розглядається СМО із застосуванням безпріоритетної циклічної дисципліною обслуговування. Здійснюється порівняння систем з різними обсягами буфера (а саме при розмірі буфера, що дорівнює одиниці та п'яти).

Дослідження показників СМО заснованої на квантуванні розглядається у статті [7]. У ній були розроблені моделі СМО, що реалізують закони управління FCFS (First come - First served) та RR (Round Robin).

У роботах [8] та [9] розглядаються СМО з використанням заявки з відносним та абсолютним пріоритетами, через це виникає необхідність використання системи підвищення пріоритету. При використанні динамічних пріоритетів відсоток обслуговуваних безпріоритетних заявок досягав заданого рівня.

Таким чином, у науці широко використовуються системи масового обслуговування для різних цілей. Вибір дисципліни очікування та обслуговування проводиться з конкретно поставленої задачі. Спираючись на досліджені раніше правила та закономірності можна побудувати, або

модифікувати існуючу модель під конкретне завдання із заданими характеристиками.

Висновки по першому розділу

У першому розділі роботи проведено аналіз відомих сучасних результатів досліджень проблеми, що вивчається, методів і засобів моделювання, що використовують при створенні систем масового обслуговування. Розглянуто та обґрунтовано особливості СМО та задачі, які вирішують із їх застосуванням.

РОЗДІЛ 2

ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Система масового обслуговування

Об'єктом дослідження є модель СМО, аналіз характеристик якої потребує модифікації структури СМО, законів управління тощо.

Система масового обслуговування – математична модель розроблюваної чи існуючої системи, роботу якої можна як послідовного взаємодії деяких дискретних об'єктів з елементами системи. Об'єкти, зазвичай, потрапляють у систему ззовні, потім взаємодіють із елементами системи відповідно до встановленими правилами, а далі залишають її [3].

Базовими складовими елементами кожної СМО є заявки, потоки заявок, обслуговуючі прилади, дисципліни очікування та обслуговування. Дискретні об'єкти у системах масового обслуговування називають заявками, вимогами чи сутностями. Обслуговування – це взаємодія заявок з елементами системи протягом певного часу, а ці елементи називаються пристроями, що обслуговують, або серверами. Порядок взаємодії сутностей із СМО – дисципліна обслуговування, до якої належать закони функціонування серверів, порядок надходження заявок до системи, порядок їх обслуговування, а також порядок виходу із СМО.

Заявки, як правило, надходять у систему нерегулярно, а випадковим чином, тобто через різні інтервали часу. Обслуговуються сутності також протягом випадкового інтервалу часу. Все це призводить до того, що в якісь моменти СМО виявляється нерівномірно завантаженою та простоює, а в якісь – перевантаженою, і велика кількість вимог накопичується та перебуває в очікуванні на обробку [10].

Предметом теорії масового обслуговування є побудова математичних моделей, що пов'язують задані умови роботи СМО (кількість каналів, їх продуктивність, характер потоку заявок тощо) з показниками ефективності СМО, що описують її здатність справлятися із потоком заявок.

Як правило, СМО ділять на два класи:

- СМО з очікуванням (нескінченною чергою);
- СМО з відмовами [11].

У СМО з відмовами, якщо сутність надійшла до системи, коли немає вільного обслуговуючого приладу, то заявка втрачається (залишає СМО) і не бере участі в подальшому моделюванні. СМО з очікуванням дозволяє заявці, що надійшла обслуговування в момент, коли є відсутнім вільний сервер, перейти у чергу обслуговування, обробка такої заявки буде виконуватися, коли сервер завершить виконання всіх попередніх заявок. У СМО з очікуванням розмір черги може бути нескінченним чи фіксованим.

Між собою СМО діляться на кшталт дисципліни обслуговування, тобто за принципом, що визначає порядок розподілу заявок між вільними приладами. Таким чином, обслуговування заявки виконується за принципом FIFO

- "перша прийшла – перша обслужена",
- LIFO – "остання прийшла – перша обслужена",
- за пріоритетами [11].

На практиці часто зустрічаються СМО з обмеженим часом очікування заявок у системі або так званими невідкладними заявками.

Такі заявки можуть піти з черги, якщо час очікування перевищує певну величину. СМО з невідкладними заявками, що йдуть рано чи пізно з черги, встановлений режим обслуговування досягається завжди, незалежно від наведеної інтенсивності потоку заявок. Для СМО з невідкладними заявками поняття «імовірність відмови» не має сенсу – кожна заявка стає в чергу, але може і не дочекатися обслуговування, пішовши раніше.

Зокрема, такі події виникають у різних технологічних системах, у яких затримка з початком обслуговування може призвести до втрати якості продукції, в системах оперативного управління, коли термінові повідомлення втрачають цінність (чи навіть сенс), якщо де вони надходять обслуговування протягом певного часу [12].

2.2 Засоби, що використовуються в роботі

2.2.1 MatLab

Для отримання результатів була необхідна імітаційна модель СМО з обмеженим часом перебування заявок у системі. Застосування таких середовищ імітаційного моделювання як GPSS або AnyLogic для вирішення цієї задачі обмежене, оскільки в них немає вбудованих засобів моделювання нетерпіння. Тому в даній роботі при моделюванні алгоритмів та систем використано пакет прикладних програм для вирішення задач технічних обчислень MatLab. Застосування можливостей графічного середовища імітаційного моделювання Simulink, а також його розширень для моделювання логіки подій Stateflow та бібліотеки для моделювання систем з дискретними станами дозволило виконати побудову моделей.

MatLab – високорівнева мова та інтерактивне середовище для програмування, чисельних розрахунків та візуалізації результатів [14].

Використання цього продукту дає можливість розробляти алгоритми, аналізувати дані, створювати моделі та додатки. Вбудовані математичні функції, інструменти та мова MatLab дозволяють застосовувати різні методи та отримувати результат швидше, ніж використання традиційних мов програмування (Java, Pascal, C/C++) чи електронних таблиць.

2.2.2 Бібліотека Simulink

Графічне середовище імітаційного моделювання Simulink [15] дозволяє за допомогою блок-діаграм будувати динамічні моделі, які включають безперервні, дискретні та гібридні, розривні та нелінійні системи. Застосування даного інтерактивного середовища дає можливість використовувати готові блоки для моделювання дискретних систем, застосовувати модельно-орієнтований принцип розробки систем керування, пристроїв реального часу та засобів цифрового зв'язку. Робота з Simulink не обмежує користувача роботою лише з вбудованими блоками, оскільки в ній реалізовано можливість створення свого унікального блоку.

Додаткові пакети бібліотеки Simulink дозволяють вирішувати всі типи завдань від розробки концепції моделі до створення коду, перевірки, тестування та апаратної реалізації. Інтеграція середовища в MatLab розширює можливості розробника за рахунок доступу до всіх вбудованих математичних алгоритмів, засобів обробки даних та наукової графіки.

В інтерактивному середовищі Simulink виконується симуляція динамічних властивостей системи, доступний перегляд результатів із самого початку моделювання. Бібліотека пропонує ODE-вирішувачі зі змінним та фіксованим кроком, підпрограму оцінки часу виконання окремих функцій моделі та графічний налагоджувач для гарантії заданої швидкості моделювання та точності.

Для Simulink характерні дані відмінні риси:

- бібліотека готових блоків, що розширюється;
- засіб навігації та налаштування параметрів складних моделей – Model Explorer;
- інтерактивне графічне середовище для побудови блок-діаграм;
- зручні засоби побудова багаторівневих ієрархічних багатокомпонентних моделей;

- засоби інтеграції готових C/C++, Fortran, Ada та MatLab - алгоритмів у модель, взаємодія із зовнішніми програмами для моделювання;
- повна інтеграція бібліотеки з MatLab, включаючи чисельні методи, візуалізацію, аналіз даних та графічні інтерфейси.
- сучасні засоби розв'язання диференціальних рівнянь для безперервних, дискретних, лінійних та нелінійних об'єктів (у тому числі і з розривами);
- засоби налагодження та аналізу моделей;
- імітаційне моделювання нестационарних систем за допомогою вирішувачів зі змінним та постійним кроком або методом керованого з MATLAB пакетного моделювання;
- зручна інтерактивна візуалізація вихідних сигналів, засоби налаштування та завдання вхідних дій.

2.2.3 Бібліотека Stateflow

Крім різних блоків середовища Simulink у роботі використовувалося її розширення, бібліотека Stateflow [16] дозволяє моделювати реакцію обчислювальної системи управління на події, умови у часі та зовнішні вхідні сигнали, комбінуючи різні табличні та графічні уявлення, у тому числі діаграми переходу станів, блок-схеми, таблиці переходів станів та таблиці істинності.

Цей інструмент застосовується у розробці логіки диспетчерського управління, планування завдань і систем реагування на помилки.

За допомогою Stateflow можна моделювати логіку системи за допомогою машини станів, де у ролі станів виступають режими роботи, а ролі переходів використовується логіка перемикавання між режимами.

Ця бібліотека є інструментом чисельного моделювання систем зі складною поведінкою, наприклад, як гібридні системи. Для таких систем

характерна наявність аналогових і дискретних компонентів, тому гібридні системи – це системи, зі складною взаємодією дискретної та безперервної динаміки. Вони характеризуються не тільки безперервною зміною стану системи, але й стрибкоподібними варіаціями відповідно до логіки роботи керуючої підсистеми, роль якої, як правило, виконує той чи інший обчислювальний пристрій (кінцевий автомат).

Основні особливості бібліотеки Stateflow середовища симулювання SimEvents наведено нижче:

- середовище для моделювання з різними графічними компонентами;
- ядро симуляції для моделювання та симуляції складної логіки;
- детермінована семантика виконання з ієрархією, паралелізмом, темпоральними операторами та подіями;
- наявність діаграм станів, таблиць переходів станів та матриць переходу станів, що представляють кінцеві автомати;
- моделювання виконується за допомогою блок-схем, вбудованих функцій MatLab та таблиць істинності для представлення алгоритмів;
- анімація діаграми станів, запис активності стану, запис даних та вбудований відладчик для аналізу дизайну та виявлення помилок часу виконання;
- статичні та динамічні перевірки конфліктуючих переходів, проблем зациклювання, невідповідності станів, порушення діапазонів даних та переповнень протягом усієї симуляції;
- можливість реалізації кінцевих автоматів Мілі та Мура.

Приклад створення стану, виконання будь-яких операцій усередині нього при заданих подіях, виконання переходів між станами за умовами дано в описі розробленої системи масового обслуговування.

2.2.4 Бібліотека SimEvents

Для моделювання систем із дискретними станами у середовищі Simulink розроблено бібліотеку SimEvents, в якій використовується теорія черг та систем масового обслуговування. За допомогою цього розширення є створення імітаційних моделей проходження об'єкта через черги і мережі, а також моделювання систем, що залежать від дискретних станів.

SimEvents застосовується при побудові виробничих процесів для підрахунку необхідних ресурсів та аналізу. Бібліотекою надано ядро дискретно-подійної симуляції, що виконує керування та обробку послідовності асинхронних подій. Асинхронні події необхідні для моделювання пов'язаних з часом переходів системи з режиму в режим та зміни станів усередині Simulink [15].

2.2.5 Опис компонентів бібліотеки SimEvents

Time-Based Entity Generator – блок генерує сутності у моменти часу, що визначаються вхідним сигналом чи статистичним розподілом.

FIFO Queue – блок одночасно зберігає до N сутностей, де N – значення параметра Capacity. Блок намагається випустити сутність через вихідний порт OUT, але якщо порт OUT блокований, то сутність залишається у блоці. Якщо в блоці зберігаються кілька сутностей, то сутності залишають блок відповідно до дисципліни перший увійшов - перший вийшов (first in - first out (FIFO)) або останнім увійшов - першим вийшов (last in - first out (LIFO)).

Якщо блок зберігає N сутностей, то вхідний порт IN блоку не доступний [17].

Single Server – обслуговує одну сутність протягом певного періоду часу, та був намагається вивести сутність через порт «OUT». Якщо порт «OUT» заблоковано, то сутність залишається у цьому блоці, доки порт не буде розблоковано. Можна вказати час обслуговування за допомогою

параметра, атрибута або сигналу. Коли блок дозволяє витіснення, сутність на сервері може бути витіснена заздалегідь через порт "P". Коли блок не дозволяє витіснення, порт IN недоступний, коли в цьому блоці є сутність [17].

Path Combiner – дозволяє об'єднати кілька шляхів в один. Блок приймає сутності через один із кількох вхідних портів і випускає їх через єдиний вихідний порт.

Input Switch - дозволяє вибрати в процесі моделювання один із кількох вхідних портів для сутностей. Після вибору одного з вхідних портів інші порти стають недоступними.

Output Switch - дозволяє вибрати у процесі моделювання один із кількох вихідних портів для сутностей. Після вибору одного з вихідних портів інші порти стають недоступними.

Цей блок працює із блоком Read Timer. Щоб прочитати значення таймера у цьому блоці, необхідно послатися на ім'я таймера у блоці Read Timer.

Read timer. Дозволяє отримати статистичні дані із встановленого таймера, пов'язаного з об'єктами, що прибувають. Цей блок зчитує значення таймера, які встановлені в блоці Start Timer, пов'язаним з об'єктом, що раніше прибув.

Entity sink використовується для завершення шляхів сутності.

Розглянутий набір блоків дозволяє побудувати СМО, що складається з необхідних компонентів, які враховуватимуть задані параметри та особливості системи [17].

Висновки по другому розділу

У другому розділі роботи проаналізовано структури СМО, наведено їх класифікацію, обґрунтовано принципи обслуговування заявок. Проведено аналіз засобів, які використовують для моделювання систем масового

обслуговування. Застосування можливостей графічного середовища імітаційного Обґрунтовано, що використання бібліотеки Simulink, а також його розширень для моделювання логіки подій Stateflow та бібліотеки для моделювання систем з дискретними станами дозволить виконати побудову моделей, які задовільняють умовам, що висувають.

РОЗДІЛ 3

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ з В СЕРЕДОВИЩІ MATLAB + SIMULINK

При моделюванні роботи СМО з обмеженим часом перебування в системі, можлива ситуація, при якій невідкладні заявки можуть взагалі не надходити на обслуговуючий прилад, або відсоток обслужених невідкладних заявок буде малий, така ситуація можлива, коли інтенсивність приходу звичайних заявок висока і прилад більшість часу зайнятий обслуговуванням звичайних заявок. Вирішенням цієї проблеми є використання різних дисциплін обслуговування, а також підключення додаткового сервера.

3.1.1 Параметри СМО

Було встановлено два джерела надходження безпріоритетних заявок: звичайні та невідкладні.

Для проведення досліджень спочатку використовувалася система з одним обслуговуючим приладом. Прилад, що обслуговує, одномоментно може обслуговувати лише одну заявку. У системі використовувався абсолютно надійний пристрій, тобто. ймовірність поломки чи відмови у прийнятті заявки дорівнює нулю. Обслуговування заявок здійснюється за рівномірним законом розподілу $\text{Rand}[0; 15]$.

Вивод невідкладних заявок із системи здійснюється після закінчення часу $T_{\text{нз}} = 2T_{\text{обсмакс}}$, тобто 30 од. часу.

Черга не обмежена по довжині, тобто нескінченна.

3.1.2 Структура СМО

Розроблена модель [19] складається з блоків: генератор заявок та встановлення параметрів, черга, обслуговуючий прилад, виведення

невідкладних заявок, виведення обслужених заявок. Схему функціонування приладу представлено на рис. 3.1.

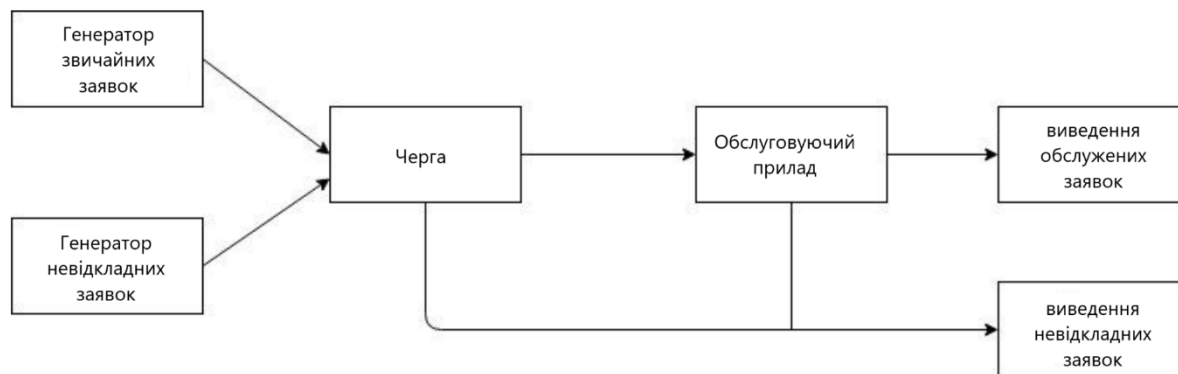


Рисунок 3.1 – Схема функціонування СМО

Блок Генератор заявок створює два типи заявок, для кожного з яких встановлюється однаковий випадковий час приходу нових заявок. У блоці виконується встановлення атрибутів кожної сутності, що необхідно реалізації різних типів заявок: звичайні і невідкладні.

Підсистема Черга служить для надання заявок приладу, що обслуговує. Використовувалася дисципліна обслуговування двох типів FIFO та LIFO.

Блок Прилад приймає всі заявки на обслуговування та виконує їх обробку відповідно до часу обслуговування, прописаного в її атрибутах.

Виведення обслужених заявок – веде підрахунок обслужених заявок.

Висновок невідкладних заявок – підсистема дозволяє виявити кількість заявок, у яких минув час очікування у системі.

3.1.3 Імітаційне моделювання СМО

Розроблену модель системи з обмеженим часом очікування представлено на рис. 3.2

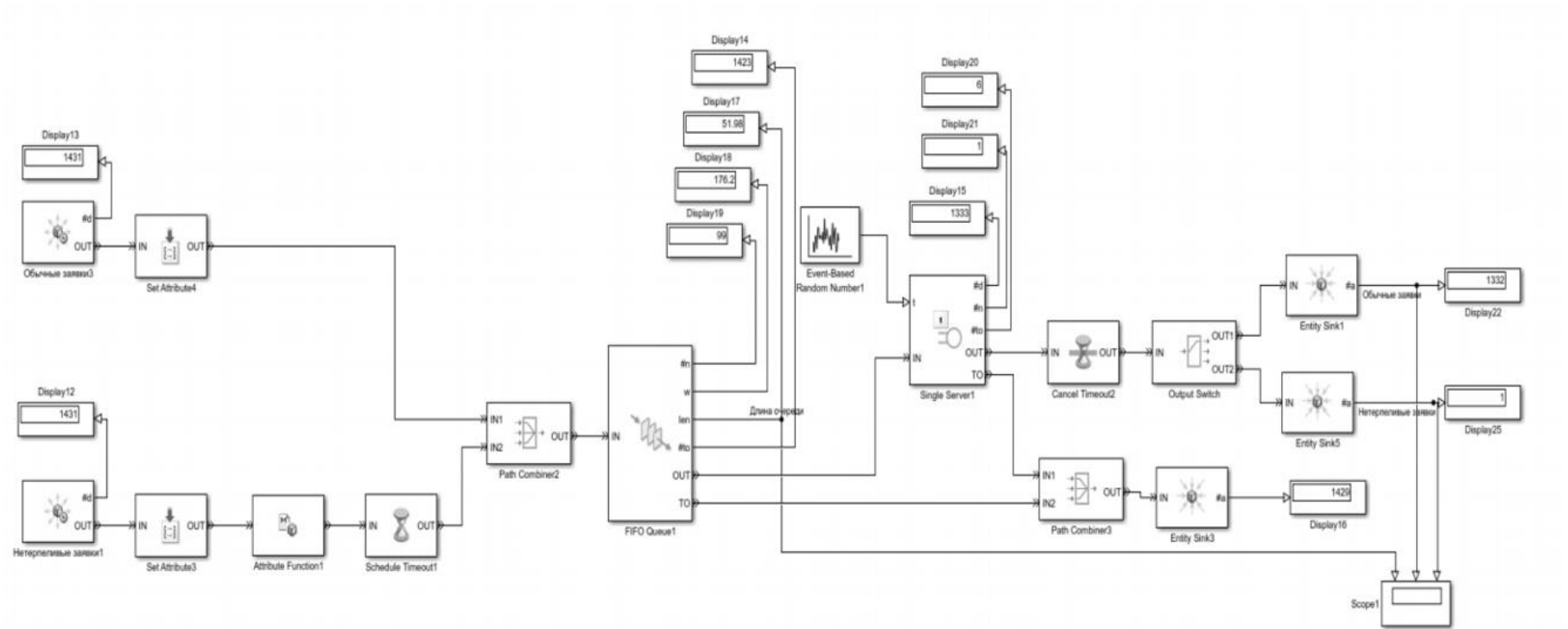


Рис. 3.2 Модель СМО

На загальній схемі присутні блоки Time-Based Entity Generator, Set Attribute, Attribute Function, Queue (FIFO/LIFO), Single Server, Path Combiner, Schedule timeout, Cancel timeout, блок Entity Sink.

Блок Time-Based Entity Generator генерує заявки двох видів: звичайні та невідкладні.

Щоб заявка була обмежена за часом очікування, задається атрибут Time за допомогою блоку Set Attribute (рис. 3.3).

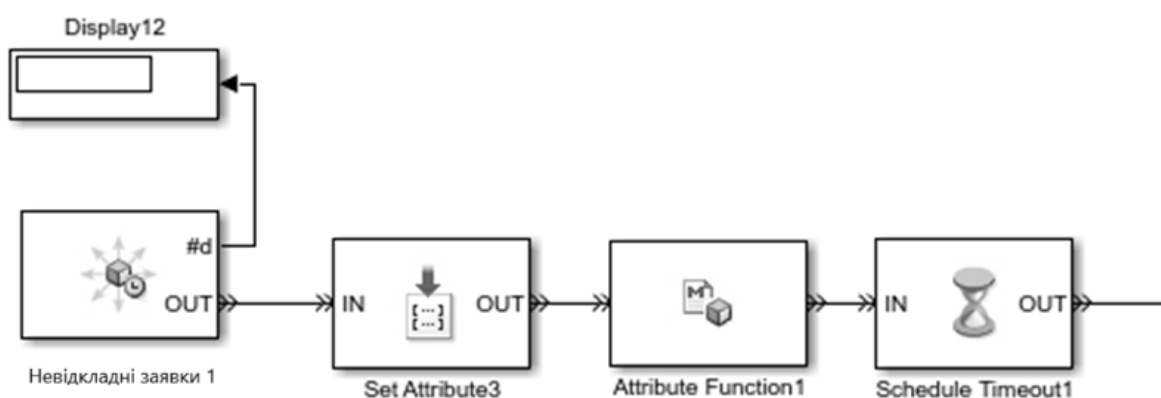


Рис. 3.3 Генерація невідкладних заявок

Щоб задати час, через який заявка залишатиме систему, використовується блок Attribute Function, який дає можливість зміни атрибутів за допомогою MATLAB.

Вихідний код наведено нижче.

```
function out_Time = fcn()
%FCN Access and modify attributes with MATLAB
% Input arguments must match the attribute names.
% Output arguments must be out_<AttributeName>,
% e.g., out_ServiceTime where ServiceTime is the attribute name.
% The output attribute will be created if it is not present.
```

out_Time = 30;

На виході з даного блоку кожній заявці буде присвоєно атрибут, у вигляді огонь за часом. Далі було використано блок Schedule timeout, де буде встановлено обмеження часу. Заявки проходять через блок Path Combiner, куди вони потрапляють із обох вхідних портів рівноймовірно.

Черга є необмеженою за довжиною і працює за принципом FIFO/LIFO. Заявки, у яких закінчився час очікування, залишають чергу через порт TO. Інші заявки потрапляють на обслуговуючий прилад.

Прилад Single Server, що обслуговує, одномоментно може обслуговувати лише одну заявку. Якщо момент обслуговування у заявки закінчується час очікування вона залишає систему з допомогою порту TO.

Наприкінці через блок Cancel timeout скасовується подія тайм-ауту для об'єкта та блок Entity Sink завершує час життя процесу у системі. 3.1.4 Результати проведеного дослідження для СМО з обмеженим часом очікування заявок у системі Під час експериментів система перебувала спочатку в недовантаженому, потім перевантаженому стані. Це дозволяє оцінити здатність системи справлятися з вхідним потоком заявок.

А також були використані різні дисципліни обслуговування: FIFO, LIFO.

У табл. 3.1 наведено різні швидкості надходження заявок та кількість згенерованих заявок за час роботи системи.

Таблиця 3.1

Надходження заявок до системи

№	Інтервал надходження заявок	Кількість згенерованих заявок одного типу
1	[15;40]	362
2	[7.5;20]	727
3	[4;10]	1431

Інтервал надходження звичайних заявок та невідкладні заявок однаковий, отже, кількість згенерованих заявок також.

Кількість обслужених заявок із числа згенерованих заявок кожного типу наведено в табл. 3.2.

Як видно система в 1 та 2 експериментах практично повністю обробляє звичайні заявки, так як вона знаходиться у недовантаженому стані. Відсоток обслуговування невідкладних заявок у всіх експериментах не перевищує 75%, через те, що ці заявки обмежені за часом і після закінчення встановленого періоду вона залишає систему. У 3 експерименті частка обслужених звичайних заявок не досягає 100% через те, що заявки залишаються в обслуговувальному приладі та в черзі, оскільки закінчився системний час.

А також можна помітити, що дисципліна обслуговування впливає на кількість обслуговуваних заявок. Так як у випадку з FIFO чергою відсоток обслужених заявок менший, ніж у випадку з LIFO.

Кількість обслужених заявок кожного типу із загальної кількості обслужених заявок наведено у табл. 3.3.

Таблиця 3.2

Кількість обслуговуваних заявок із кількості згенерованих заявок

№	Дисципліна обслуговування	Зз	Зн	Усього обслугованих заявок	Зв, %	Зн, %
1	FIFO	362	258	620	100	71.3
	LIFO	362	273	635	100	75.4
2	FIFO	727	396	1123	100	54.5
	LIFO	727	362	1089	100	49.8
3	FIFO	1328	4	1332	92.8	0.3
	LIFO	1105	203	1308	77.2	14.1

де Зз, Зн – кількість звичайних та невідкладних заявок, відповідно;

%Зз, %Зн - відсоток обслугованих звичайних заявок, невідкладних заявок відповідно.

Таблиця 3.3

Кількість обслужених заявок із загальної кількості обслужених заявок

№	Дисципліна обслуговування	Зз	Зн	Усього обслужених заявок	Зз, %	Зн, %
1	FIFO	362	258	620	58.4	41.6
	LIFO	362	273	635	57	43
2	FIFO	727	396	1123	64.7	35.3
	LIFO	727	362	1089	66.8	33
3	FIFO	1328	4	1332	99.6	0.4
	LIFO	1105	203	1308	84.5	15.5

де Зз, Зн – кількість звичайних та невідкладних заявок, відповідно;

%Зз, %Зн - відсоток обслужених звичайних заявок, невідкладних заявок відповідно.

З табл. 3.3 видно, що більшість часу система зайнята обробкою звичайних заявок, а невідкладні заявки обробляються менше 50%. Це пояснюється тим, що невідкладні заявки залишають систему так і не дочекавшись своєї черги на обслуговування.

Для проведення візуального аналізу були побудовані графіки залежності довжини черги, кількості звичайних та невідкладних заявок від часу.

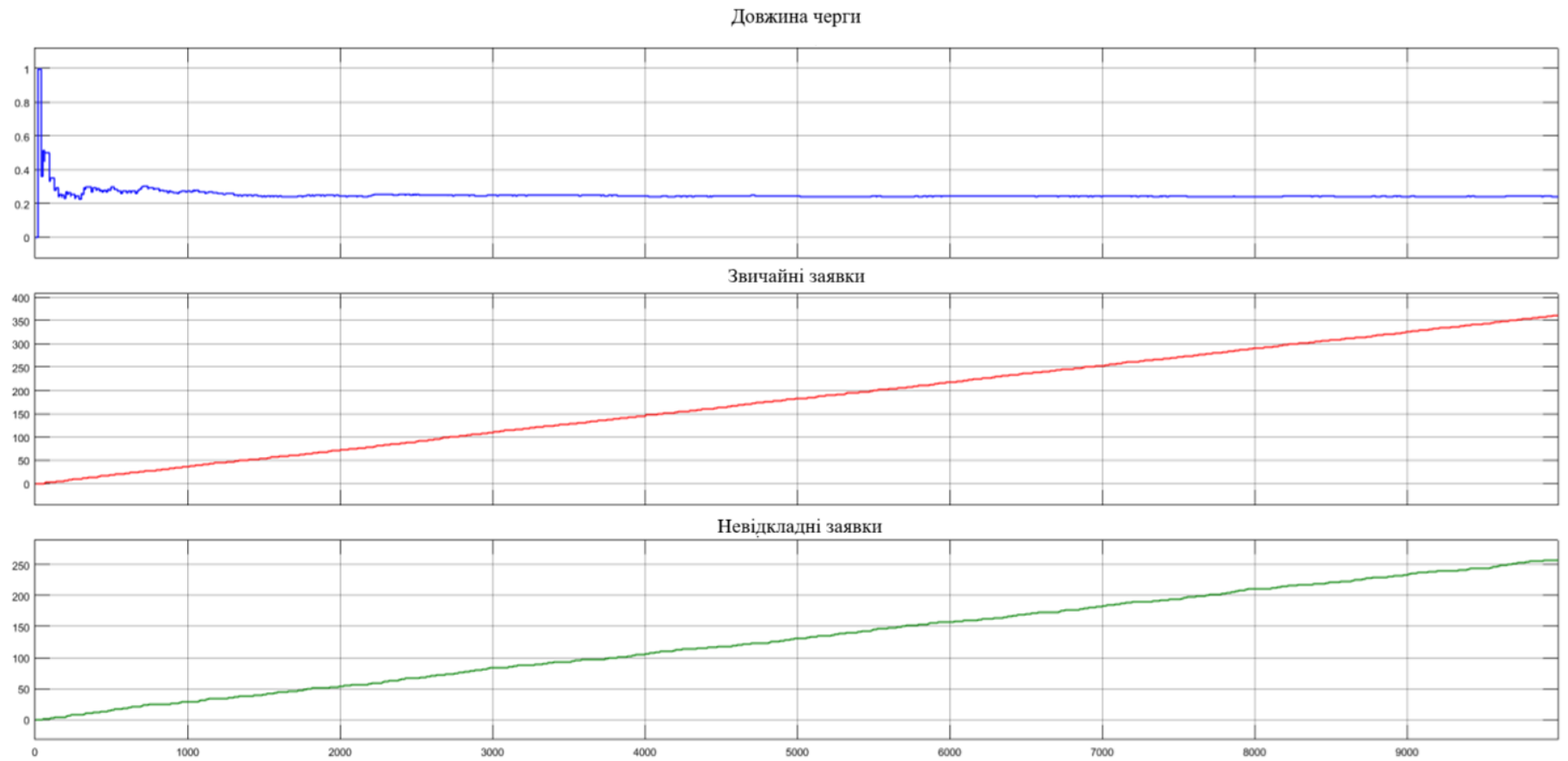


Рис. 3.3 Дисципліна обслуговування FIFO при інтервалі надходження заявок [15; 40]

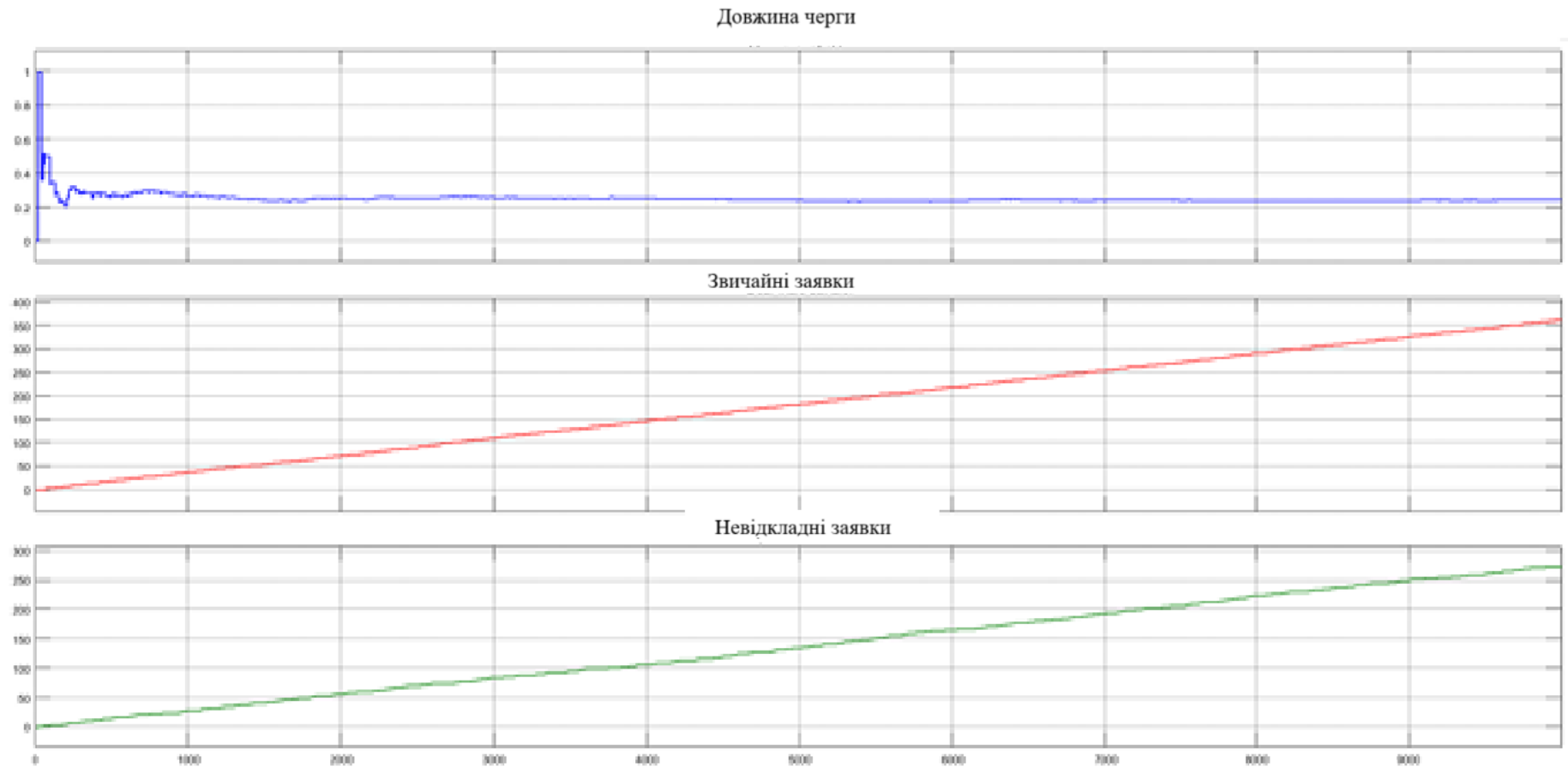


Рис. 3.4 Дисципліна обслуговування LIFO при інтервалі надходження заявок [15; 40]

Як видно з малюнків 3.3 та 3.4 коли інтервал надходження заявок $[15; 40]$, тобто коли система знаходиться в недовантаженому стані лише у початковий період. Кількість обслужених заявок зростала поступово.

Розглянемо випадок коли інтервал надходження заявок дорівнює $[7.5; 20]$

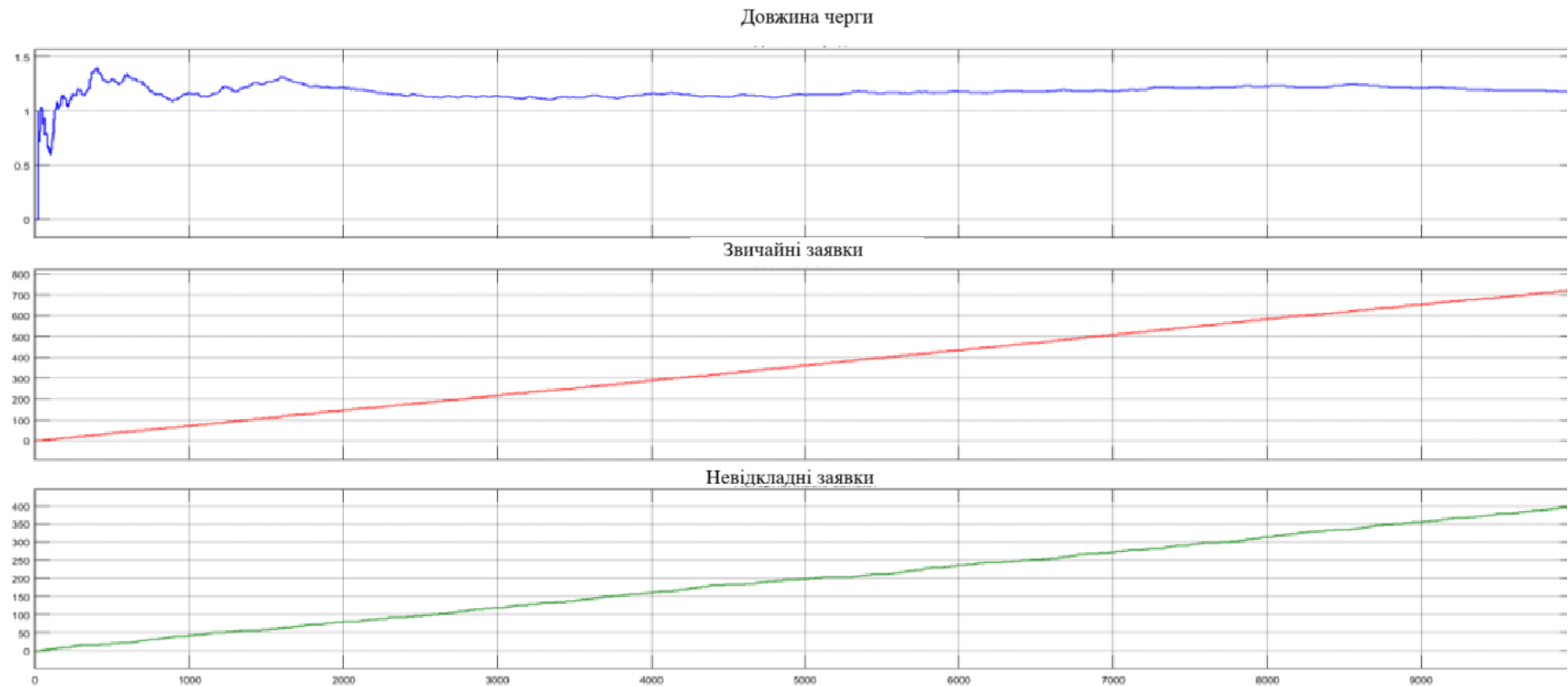


Рис. 3.5 – Дисципліна обслуговування FIFO при інтервалі надходження заявок $[7,5; 20]$

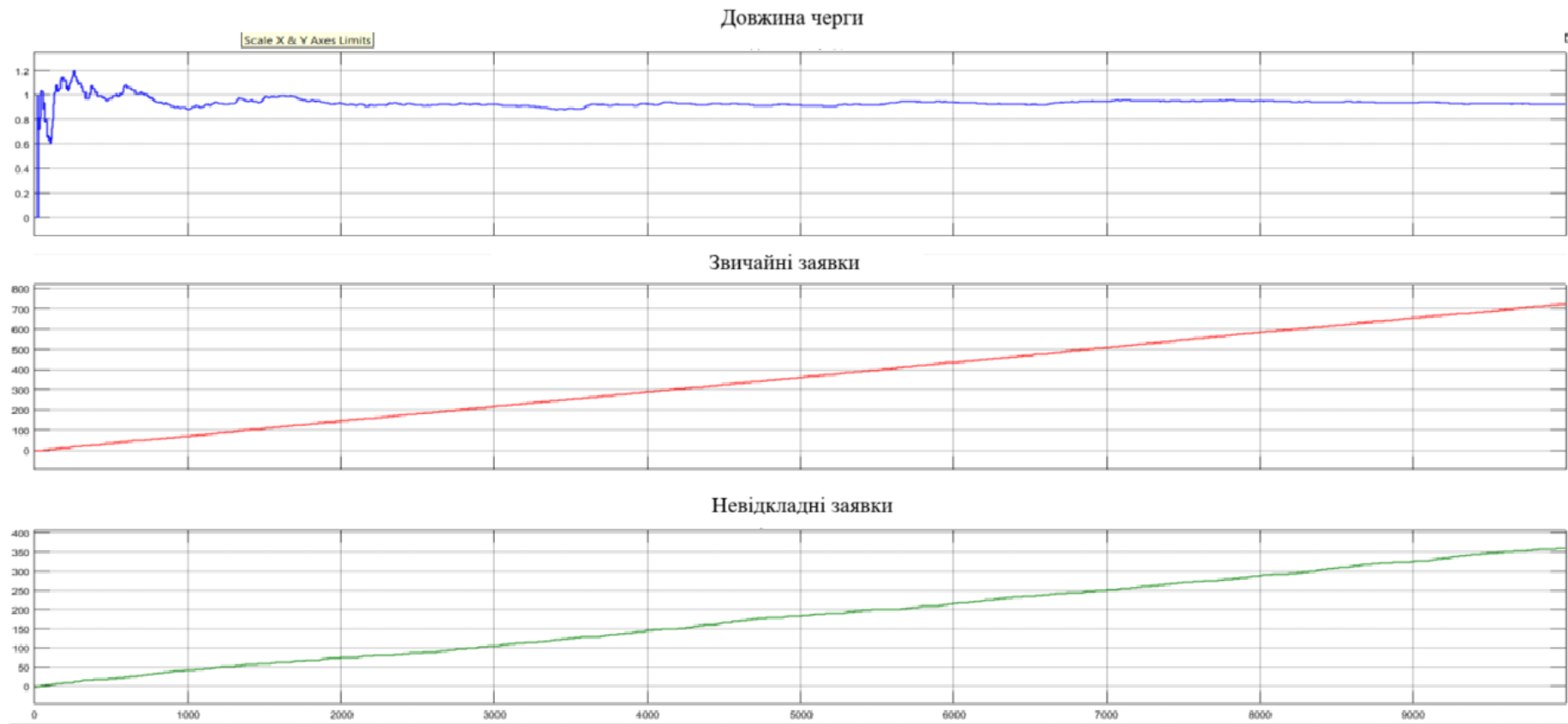


Рис. 3.6 Дисципліна обслуговування LIFO при інтервалі надходження заявок $[7,5; 20]$

На рис. 3.5 і рис. 3.6 видно, що черга змінюється тільки в початкових інтервалах часу. Кількість обслужених невідкладних заявок та звичайних заявок зростає за часом.

Розглянемо випадок, коли система перевантажена.

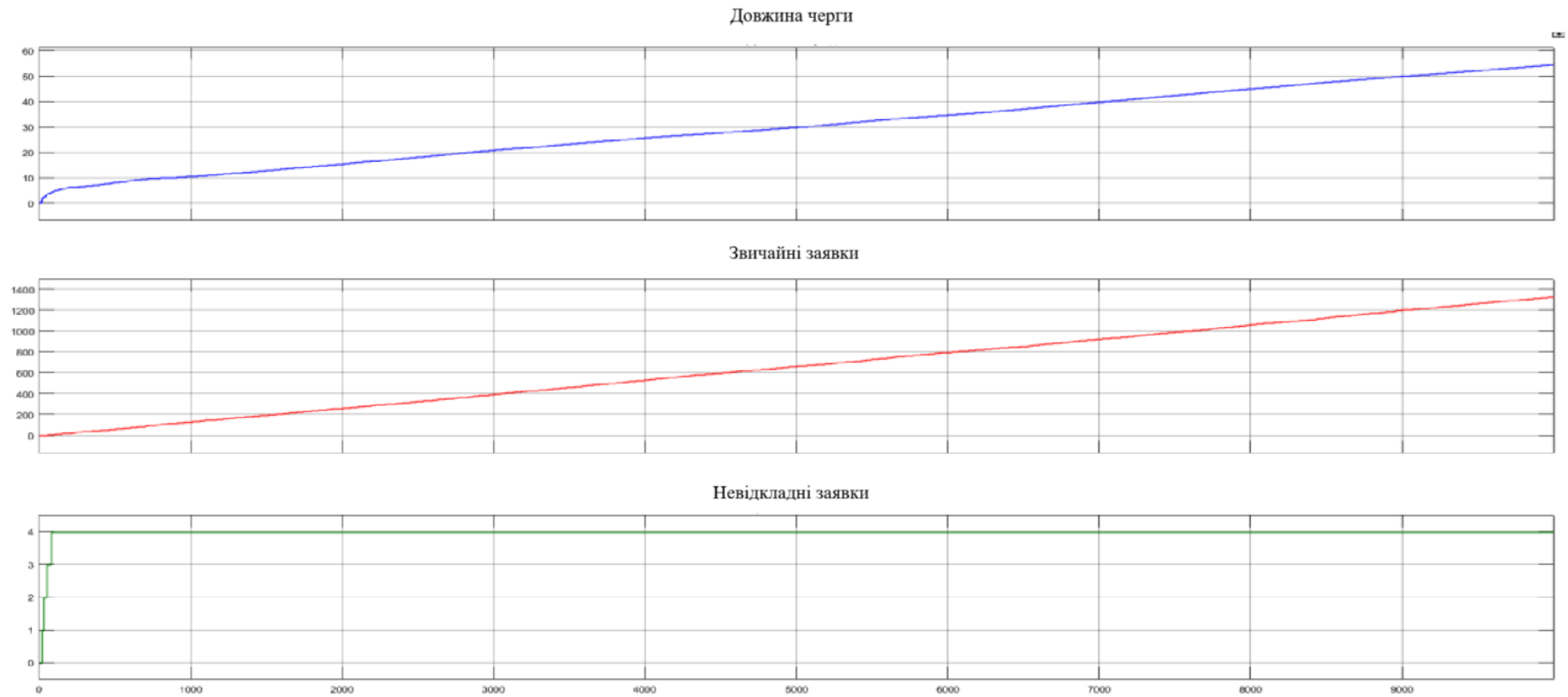


Рис. 3.7 Дисципліна обслуговування FIFO при інтервалі надходження заявок [4; 10]

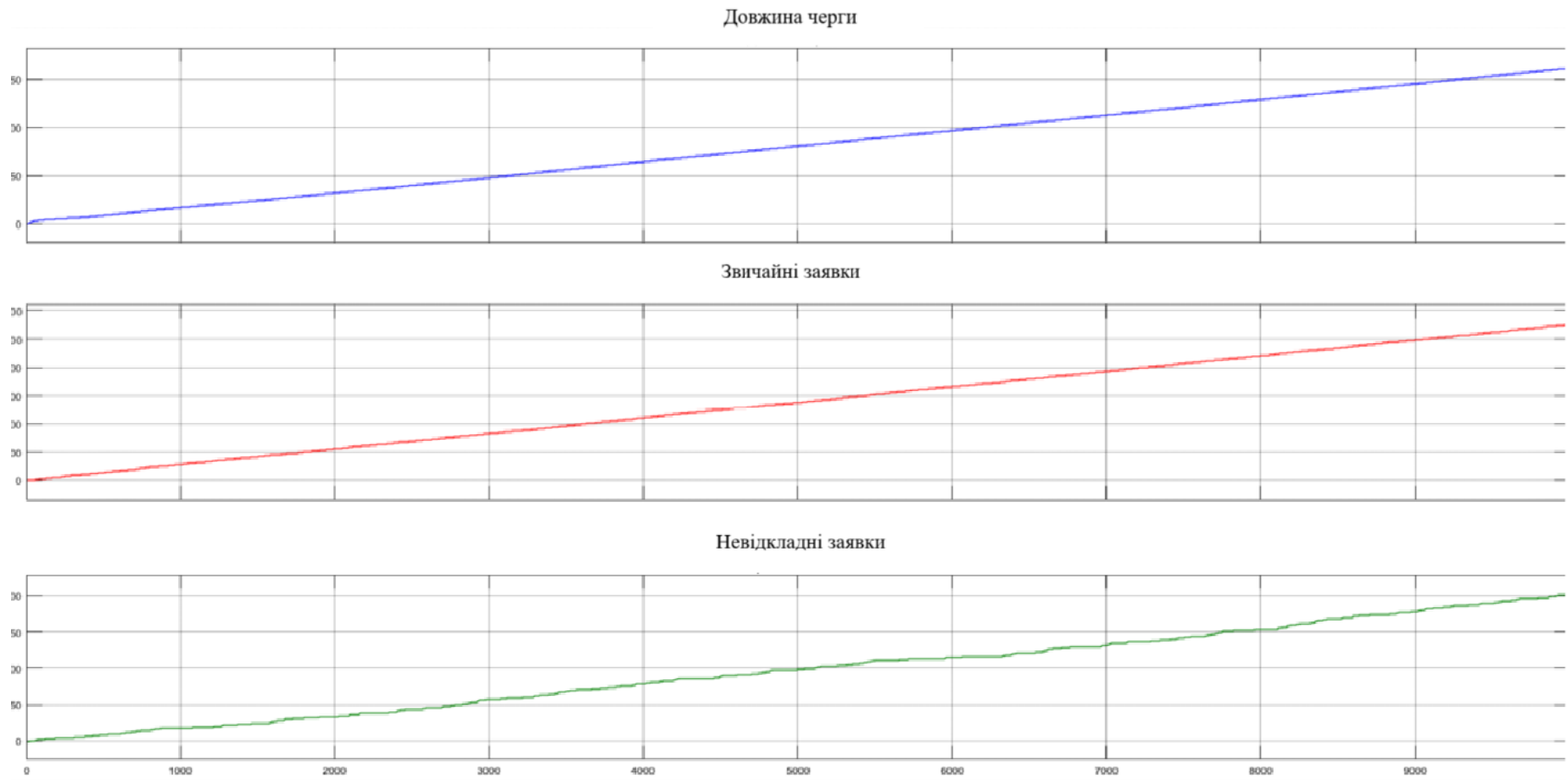


Рис. 3.8 Дисципліна обслуговування при інтервалі надходження заявок LIFO [4;10]

У разі коли система перевантажена (Рис. 3.7 та 3.8) можна наочно виявити вплив дисципліни обслуговування на кількість обслужених невідкладних заявок. Якщо у випадку коли дисципліна обслуговування FIFO в початковому інтервалі обслуговує всього 4 заявки, а далі в прилад не надходять заявки даного типу і прилад обслуговує тільки звичайні заявки. А у випадку з LIFO в прилад протягом всього системного часу надходять невідкладні заявки і прилад обслуговує 203 невідкладні заявки. В обох випадках черга зростає поступово.

Кількість невідкладних заявок, що вийшли з системи, наведено в табл. 3.4.

Таблиця 3.4

Кількість заявок, що залишили систему

№	Дисципліна обслуговування	З черги	З обслуговуючого приладу	Всього
1	FIFO	3	101	104
	LIFO	9	80	89
2	FIFO	145	186	331
	LIFO	228	137	365
3	FIFO	1422	2	1424
	LIFO	1140	86	1226

З таблиці 3.4 видно, що у випадку 1, 2 експерименту більшість заявки залишають систему з обслуговуючого приладу, оскільки система є недовантаженою. Однак при 3-му випадку більшість заявок залишають систему з черги, оскільки система є перевантаженою.

У результаті проведених експериментів можна дійти невтішного висновку що за умов якщо відсутня можливість чи необхідність додавання додаткового приладу, то збільшення кількості обслужених невідкладних заявок необхідно змінити дисципліну обслуговування на LIFO.

Це дозволить покращити якість обслуговування у таких сферах як: □ системи протиповітряної оборони – наступальні та розвідувальні засоби противника знаходяться у зоні поразки обмежений час, після якого знищити їх неможливо; □ боротьба зі злочинністю – під час проведення розшукових заходів карні злочинці встигають сховатися, старіють (зникають) докази.

3.2 Модифікація СМО з обмеженням часом перебування у системі

При недовантаженій або повністю завантаженій системі відмінним рішенням завдання поліпшення якості обслуговування виступає зміна умови надходження заявок на сервер. Це означає, що сервер насамперед обслуговуватиме невідкладні заявки. Тільки якщо черга невідкладних заявок буде порожня, на обслуговування надходять звичайні заявки.

Параметри СМО залишаються незмінними.

Модифікована модель складається з тих же блоків, що початкова схема СМО. Схема функціонування приладу представлена на рис 3.1.



Рис. 3.9 Схема функціонування СМО

Генератор заявок – відповідає за встановлення часу надходження заявок. У системі передбачені заявки звичайні та невідкладні. Також у цьому блоці здійснюється установка атрибутів.

Черга – цей блок призначений для подання заявок до обслуговуючого приладу. Для кожного типу заявок є черга дисципліною обслуговування FIFO.

Прилад, що обслуговує – в даному блоці передбачена система обслуговування заявки.

Виведення обслужених заявок – веде підрахунок обслужених заявок.

Висновок невідкладних заявок – веде підрахунок заявок, у яких минув час перебування в системі.

3.2.1 Принцип надходження заявок обслуговування

Розроблена модель системи з обмеженим часом очікування представлена рис. 3.10.

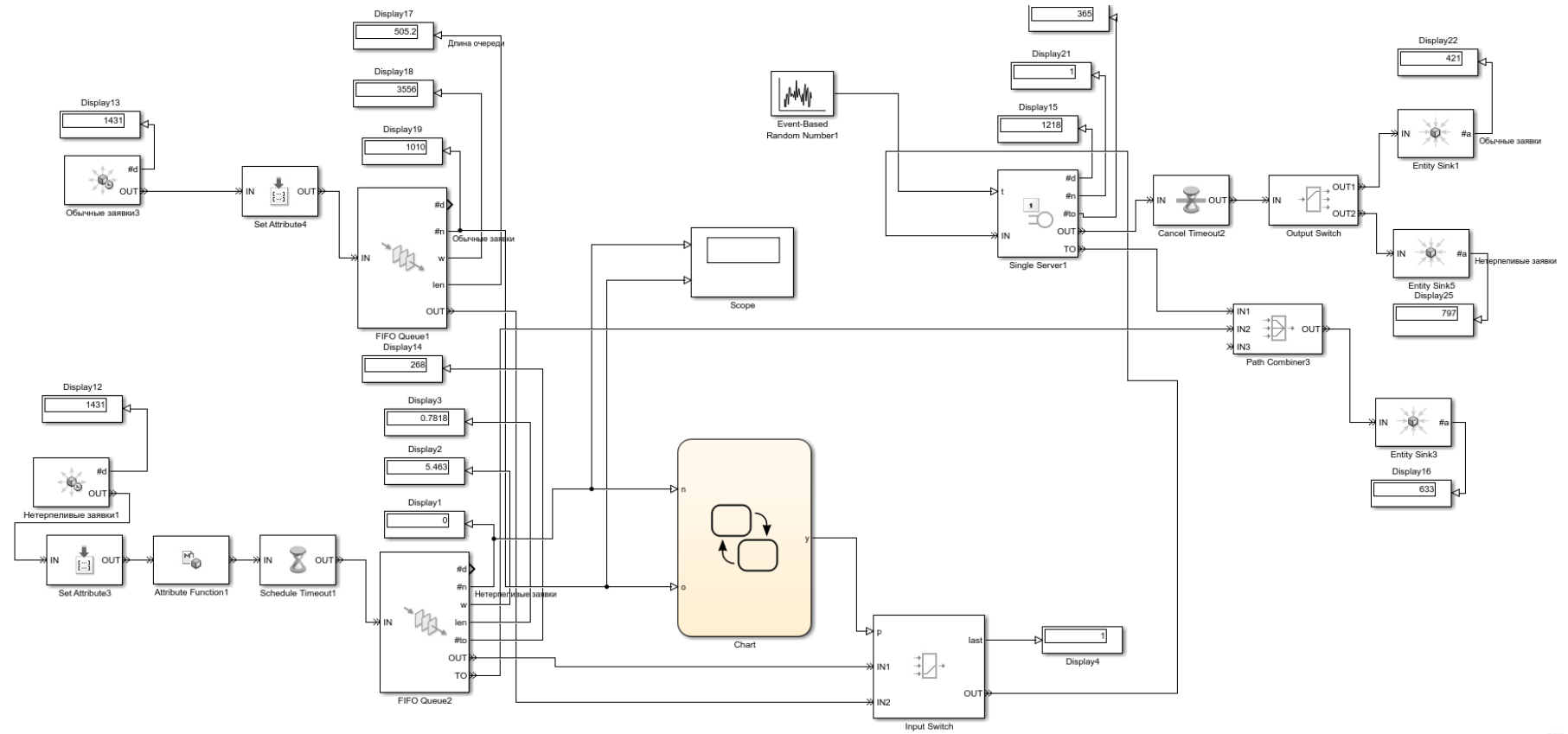


Рис. 3.10 Модифікована модель СМО

Для того щоб до обслуговуючого приладу в першу чергу надходила "невідкладна" заявка, було додано блок Chart з бібліотеки StateFlow (рис. 3.11).

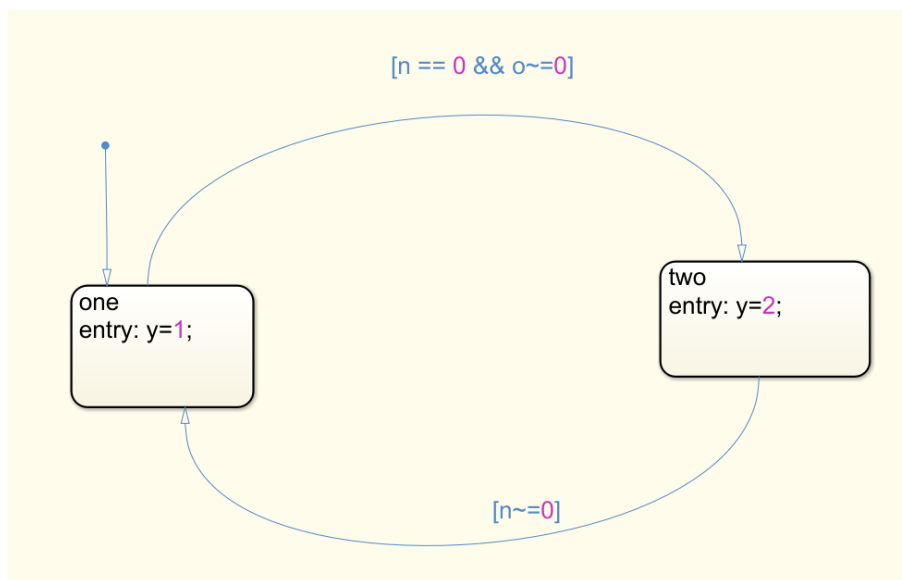


Рис. 3.10 Блок Chart

Цей блок перевіряє кількість невідкладних заявок у черзі, якщо кількість дорівнює 0, то система комутується з чергою звичайних заявок.

3.2.2 Результати проведеного дослідження модифікованої системи

У ході експериментів система знаходилася спочатку в недовантаженому, потім перевантаженому стані. Це дозволяє оцінити здатність системи справлятися з вхідним потоком заявок.

Інтервал надходження заявок та інтенсивність обслуговування заявок залишається незмінною.

Кількість обслужених заявок із числа згенерованих заявок кожного типу наведено у табл. 3.5

Таблиця 3.5

Кількість обслужених заявок із кількості згенерованих

№	Кількість згенерованих заявок одного типу	Зз	Зн	Усього обслужених заявок	Зз, %	Зн, %
1	362	362	258	620	100	71,3
2	727	725	448	1173	99,7	61,6
3	1431	421	797	1218	29,4	55,7

де Зз, Зн – кількість звичайних та невідкладних заявок, відповідно;

%Зз, %Зн - відсоток обслужених звичайних заявок, невідкладних заявок відповідно.

Як видно в 1 експерименті кількість обслужених нормальних і невідкладних заявок залишається постійною, тому що система недовантажена.

У другому випадку відсоток обслужених невідкладних заявок збільшився на 7,1%. А у третьому випадку кількість обслужених невідкладних заявок збільшилась на 793, але водночас кількість звичайних заявок зменшилась на 907.

Кількість обслужених заявок кожного типу із загальної кількості обслужених заявок наведено у табл. 3.6.

Таблиця 3.6

Кількість обслужених заявок із загальної кількості обслужених заявок

№	Кількість згенерованих заявок одного типу	Зз	Зн	Усього обслужених заявок	Зз, %	Зн, %
1	362	362	258	620	58,4	71,3
2	727	725	448	1173	61,8	61,6
3	1431	421	797	1218	34,6	55,7

де Зз, Зн – кількість звичайних та невідкладних заявок, відповідно;

%Зз, %Зн - відсоток обслужених звичайних заявок, невідкладних заявок відповідно.

З табл. 3.6 видно, що у перших двох експериментах більшу частину часу система зайнята обробкою звичайних заявок. Однак у третьому експерименті ситуація змінюється і система більшу частину часу зайнята обробкою невідкладних заявок, оскільки система перевантажена.

Для проведення візуального аналізу було побудовано графіки залежності довжини черги від часу.

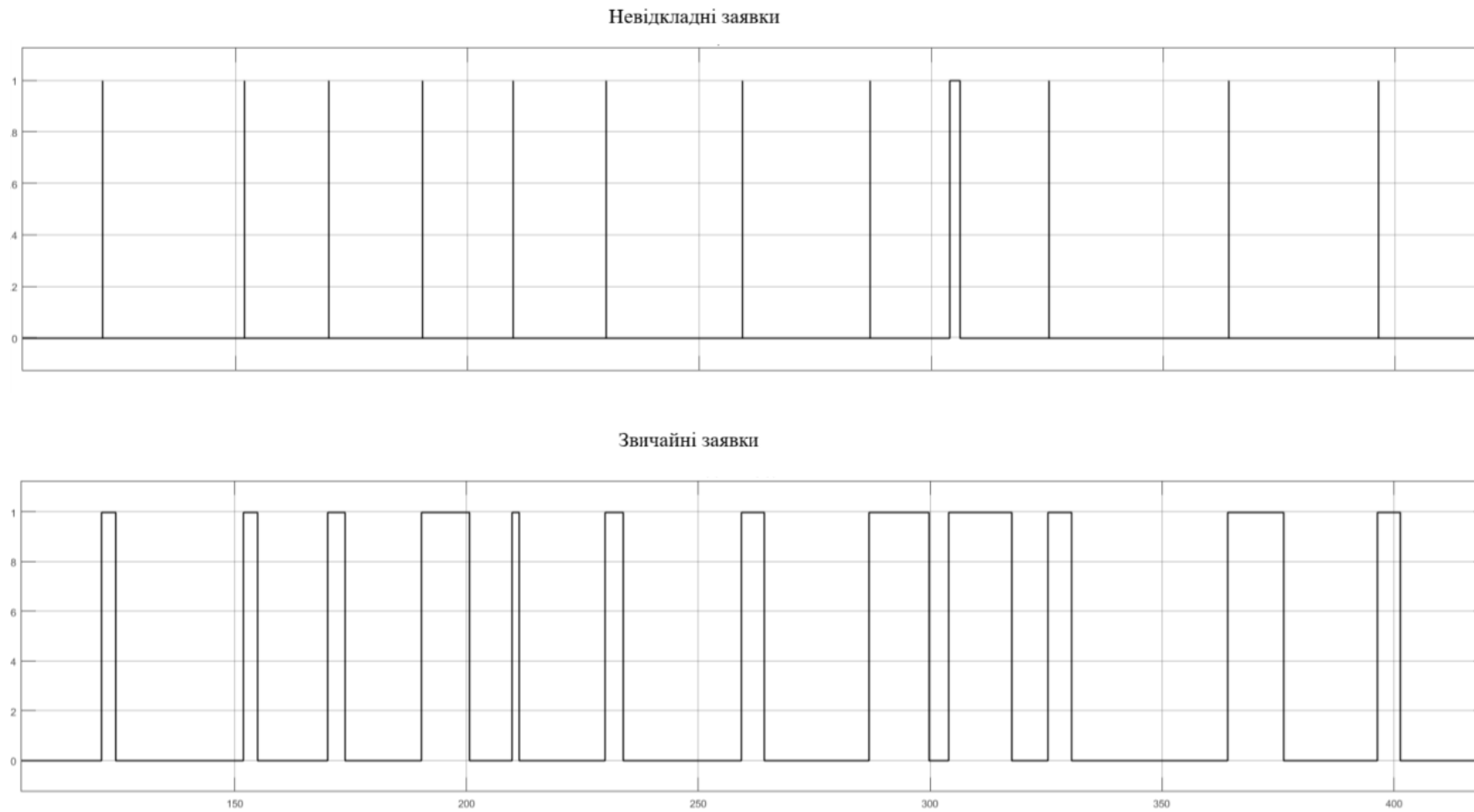


Рис. 3.12 Кількість заявок у черзі при інтервалі надходження заявок [15.40]

На рис. 3.12 видно, що довжина черги і звичайних, і невідкладних заявок не перевищує 1, і можна помітити, що невідкладні заявки не затримуються в черзі, тоді як звичайні заявки чекають на своє обслуговування в черзі. Це доводить правильну роботу системи, тобто те, що на обслуговуючий прилад насамперед потрапляють невідкладні заявки. Оскільки система недовантажена, вона встигає обробити 100% звичайних та 71% невідкладних заявок.

Розглянемо випадок коли інтервал надходження заявок дорівнює [7.5; 20]

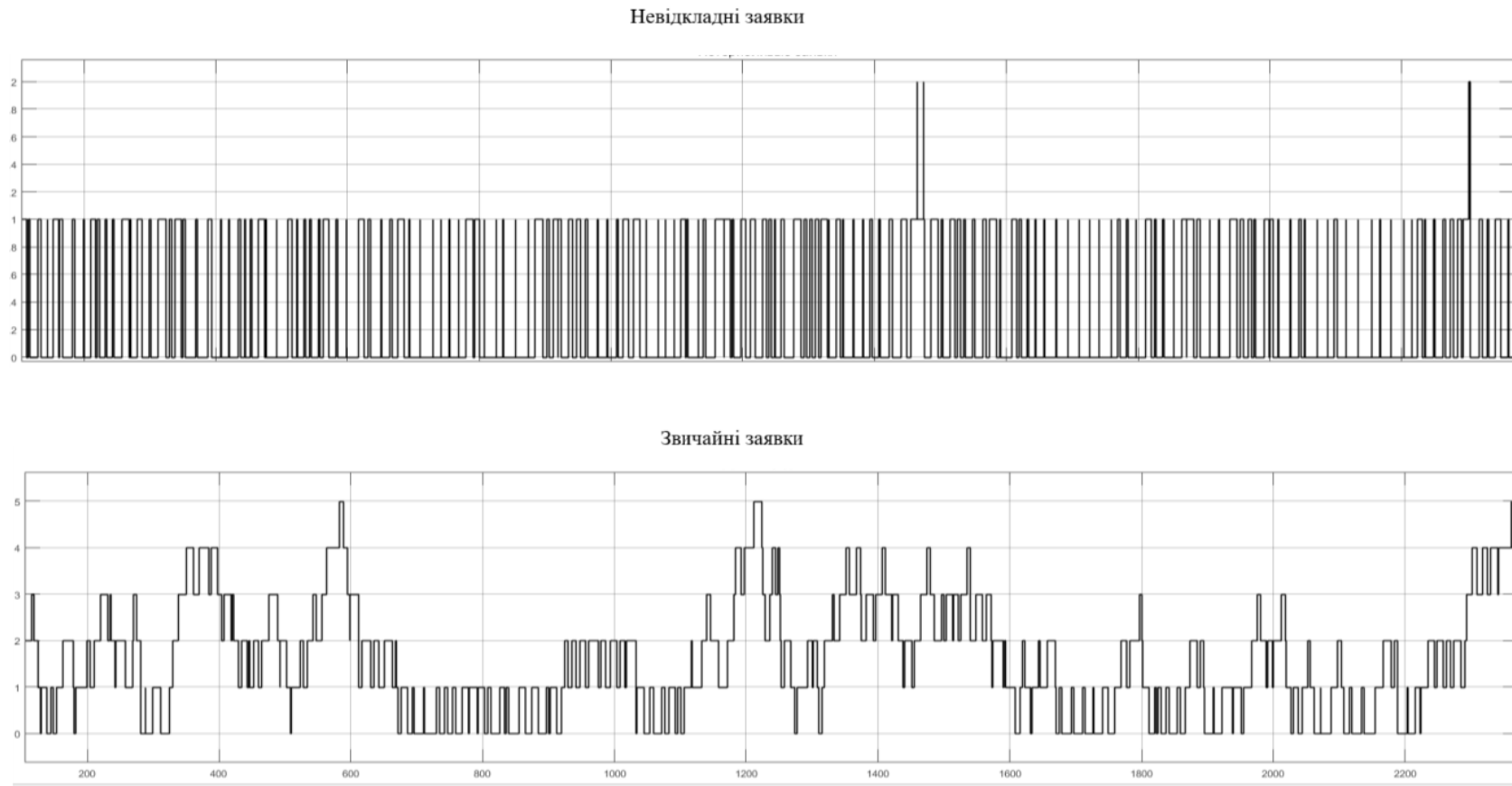


Рис. 3.13 Кількість заявок у черзі при інтервалі надходження заявок $[7.5; 20]$

На рис. 3.13 видно, що довжина черги невідкладних заявок не перевищує 2. Максимальна кількість накопичених звичайних заявок дорівнює 8.

Але через те, що система знаходиться в повністю завантаженому стані і через умови надходження заявок на обслуговування сервер не встигає обробити заявки обох типів повністю.

Розглянемо випадок, коли система перевантажена.

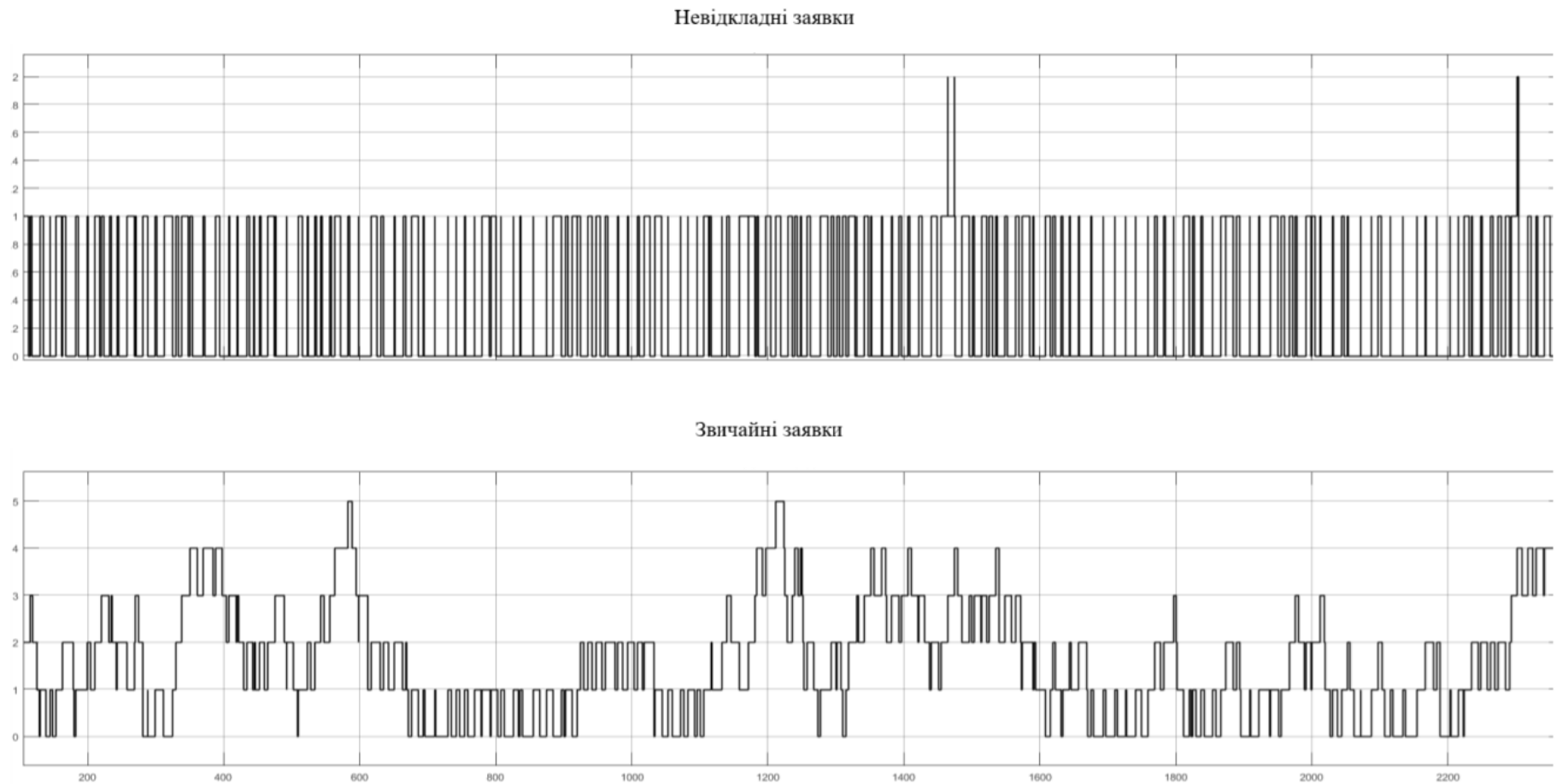


Рис. 3.14 Кількість заявок у черзі при інтервалі надходження заявок $[4; 10]$

Через те, що система перебуває в перевантаженому стані (див. рис. 3.14) максимальна кількість невідкладних заявок у черзі дорівнює 4. Довжина черги звичайних заявок зростає за часом.

Кількість невідкладних заявок, що вийшли із системи, наведено в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7

Кількість заявок, що залишили систему

№	З черги	З обслуговуючого приладу	Всього
1	3	101	104
2	87	192	279
3	268	365	633

З табл. 3.7 видно, що у всіх експериментах більшість заявок залишають систему обслуговуючого приладу. Це обґрунтовується тим, що прилад за заданими умовами спочатку обробляє невідкладні заявки, внаслідок чого вони не затримуються у черзі довго.

За допомогою такої модифікації можна збільшити кількість невідкладних заявок. Проте звичайні заявки обслуговуються на 63,4% менше, що негативно впливає на загальну продуктивність. Для покращення якості обслуговування та збільшення кількості обслужених заявок необхідно підключити резервний сервер.

3.3 Модель СМО G/G/2 з наявністю невідкладних заявок у системі

У роботі створено та досліджено системи масового обслуговування G/G/2/ (дволінійна система з довільним розподілом вхідного потоку та довільним розподілом часу обслуговування) [20].

Раніше розглядалися СМО із двома варіантами дисциплін обслуговування. У разі можна помітити, що дисципліна обслуговування має впливом геть кількість обслужених заявок. Однак при перевантаженій системі один обслуговуючий прилад обробляє лише 15% невідкладних заявок та 93% звичайних. Для покращення якості обслуговування, необхідно було модифікувати схему, додаючи додаткові обслуговуючі прилади.

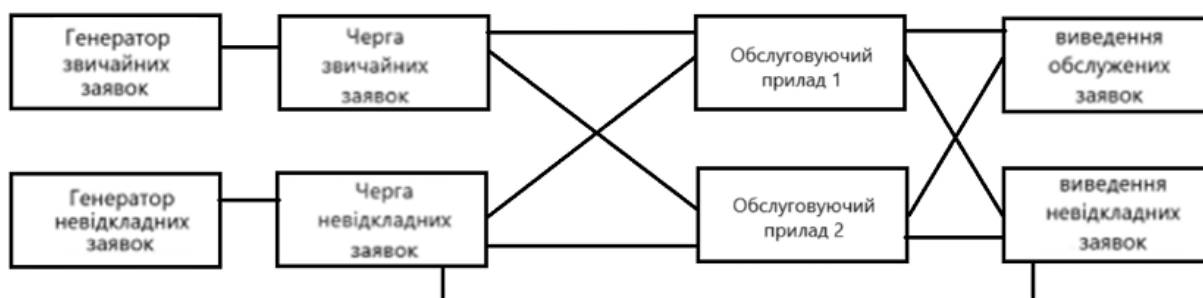


Рис. 3.15 Схема функціонування СМО

3.3.1 Принцип надходження заявок обслуговування

Розроблена модель системи з обмеженим часом очікування представлена на рис. 3.16.

На загальній схемі (див. рис. 3.16) присутні блоки генерація звичайних заявок, генерація невідкладних заявок, Перехід на обслуговування, Сервер 1 і Сервер 2.

У блоці "Перехід на обслуговування" встановлюються умови надходження заявок на обслуговуючий прилад (див. рис. 3.17).

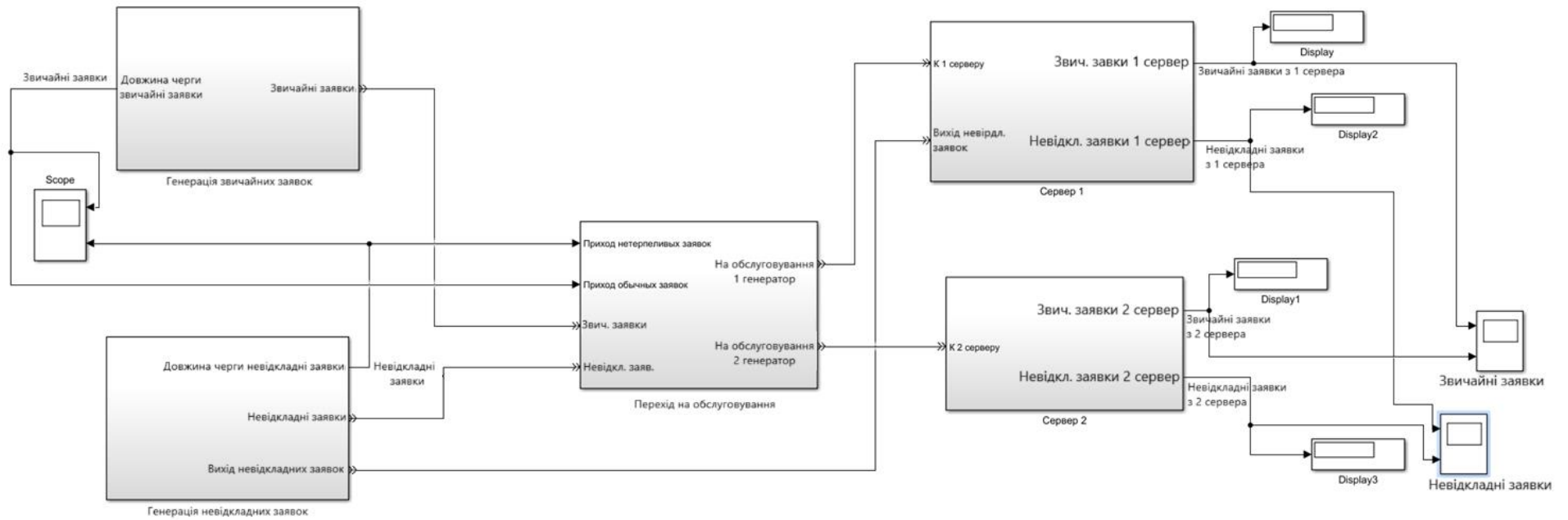


Рис. 3.16 Модель СМО G/G/2

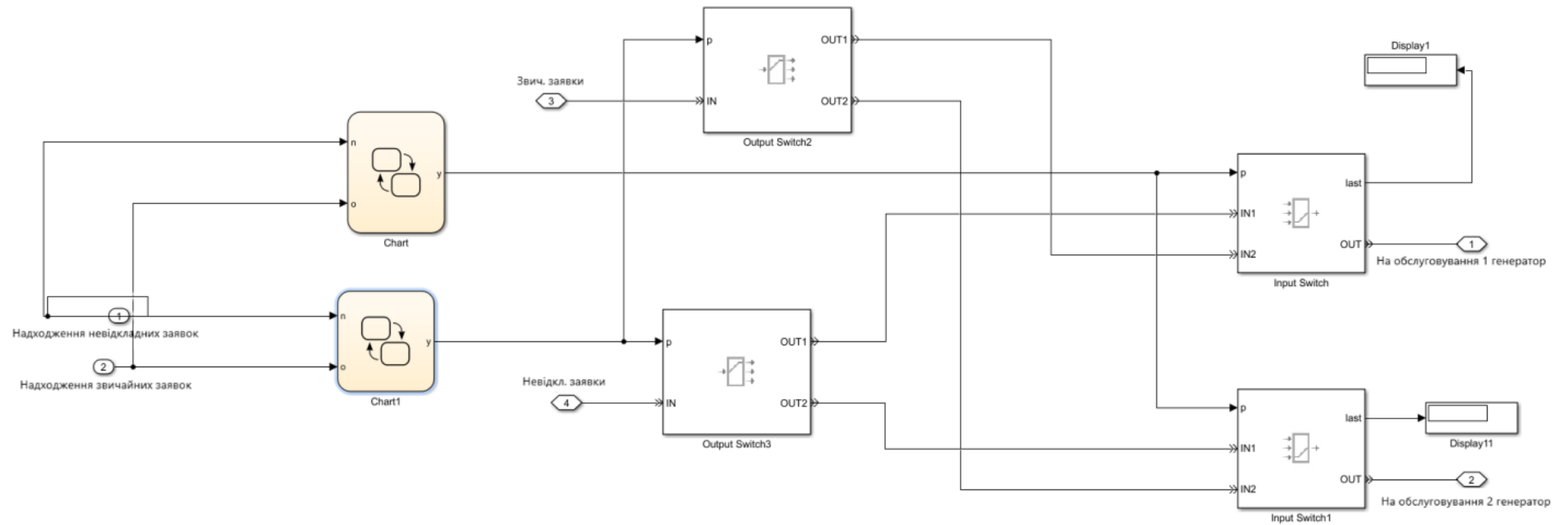


Рис. 3.17 Блок "Перехід обслуговування"

Якщо кількість звичайних заявок у черзі перевищує 10, виникає необхідність включити другий обслуговуючий прилад. Ця умова позначена через блок Chart із бібліотеки StateFlow (рисунок 3.18).

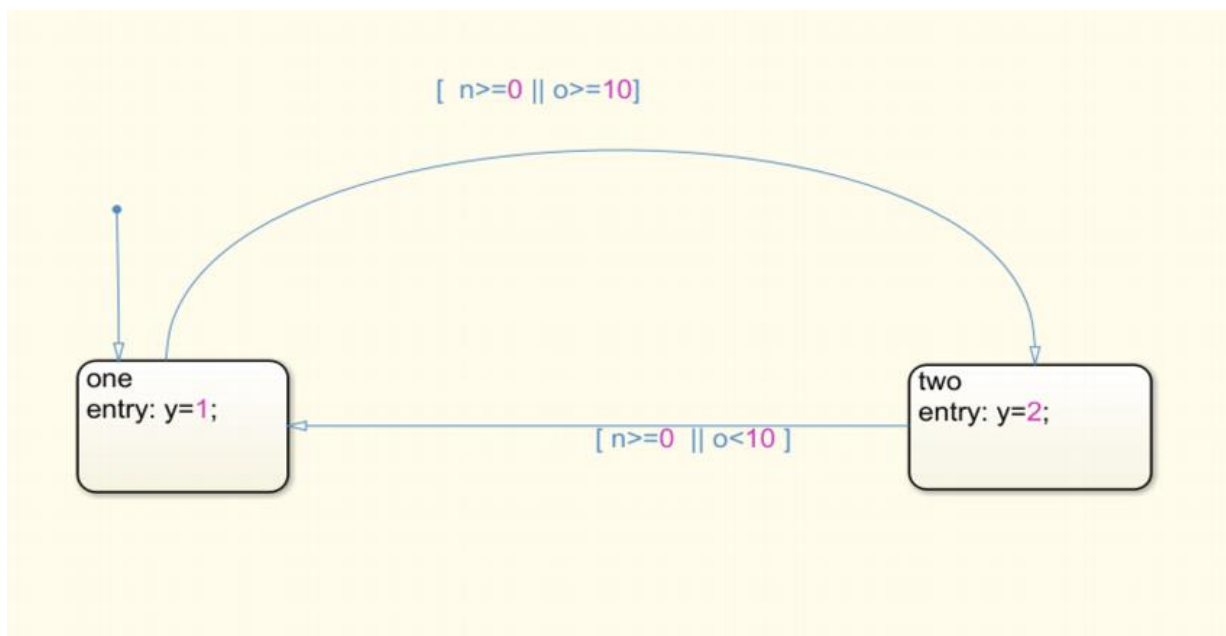


Рис. 3.18 Блок Chart

Цей блок з'єднується з блоком Output Switch, за допомогою якого заявки відправляються на перший або другий прилад. При цьому зберігається умова, що сервер спочатку бере заявки з черги невідкладних, і тільки якщо ця черга порожня на обслуговування надходять заявки з черги звичайних.

3.3.2 Результати проведеного дослідження з модифікованою системою

В ході експериментів система знаходилася так само спочатку в недовантаженому, потім перевантаженому стані. Інтервал надходження заявок та інтенсивність обслуговування заявок залишається незмінною.

Кількість обслужених заявок із числа згенерованих заявок кожного типу наведено у таблиці 3.8.

Таблиця 3.8

Кількість обслужених заявок із кількості згенерованих

№	Кількість згенерованих заявок одного типу	Тип заявки	№1 О.П.	№2 О.П.	Всього обслужених заявок	%
1	362	Зз	0	362	362	100
		Зн	275	0	275	76
2	727	Зз	0	727	727	100
		Зн	569	0	569	78
3	1431	Зз	628	635	1263	88
		Зн	473	466	939	66

де № О.П - номер обслуговуючого приладу;

Зз, Зн - кількість нормальних заявок, невідкладних заявок. відповідно;

% – відсоток обслужених заявок відповідно.

З табл. 3.8 видно, що у першому і другому експериментах 1 прилад обслуговує лише невідкладні заявки, а другий лише звичайні. Однак, коли система перевантажена в обслуговуванні заявок кожного типу, задіяні обидва обслуговуючі прилади. У перших двох випадках звичайні заявки обслуговуються на 100%, однак у третьому випадку обслуговуються лише 88% заявок. Це обґрунтовується встановленням умови, що до приладу потрапляють першими невідкладні заявки. Відсоток обслужених невідкладних заявок варіюється в межах 66-78%.

Кількість обслужених заявок кожного типу із загальної кількості обслужених заявок наведено у табл. 3.9.

Таблиця 3.9

Кількість обслужених заявок із загальної кількості обслужених заявок

№	Вид заявки	№1 О.П.	№2 О.П.	Всього обслужен. заявок	№1 О.П., %	№2 О.П.,%	Всього
1	Зз	0	362	637	0	56,8	56,8
	Зн	275	0		43,2	0	43,2
2	Зз	0	727	1296	0	56	56
	Зн	569	0		44	0	44
3	Зз	628	635	2202	28,5	28,8	57,3
	Зн	473	466		21,4	21,3	42,7

де Зз, Зн -кількість звичайних заявок, невідкладних заявок. відповідно;

О.П. - обслуговуючий прилад, О.П.,

%-відсоток обслужених заявок у приладі відповідно.

З таблиці 3.9 видно, що у перших двох експериментах більшу частину часу система зайнята обробкою звичайних заявок, і заявки розділені по обслуговуючих приладів, тобто перший прилад зайнятий обслуговуванням невідкладних заявок, а другий лише звичайних. У третьому експерименті кожен обслуговуючий прилад обробляє обидва типи заявок.

У цьому частка звичайних заявок перевищує частку невідкладних.

Для проведення візуального аналізу було збудовано графіки залежності довжини черги, кількості обслужених заявок від часу.

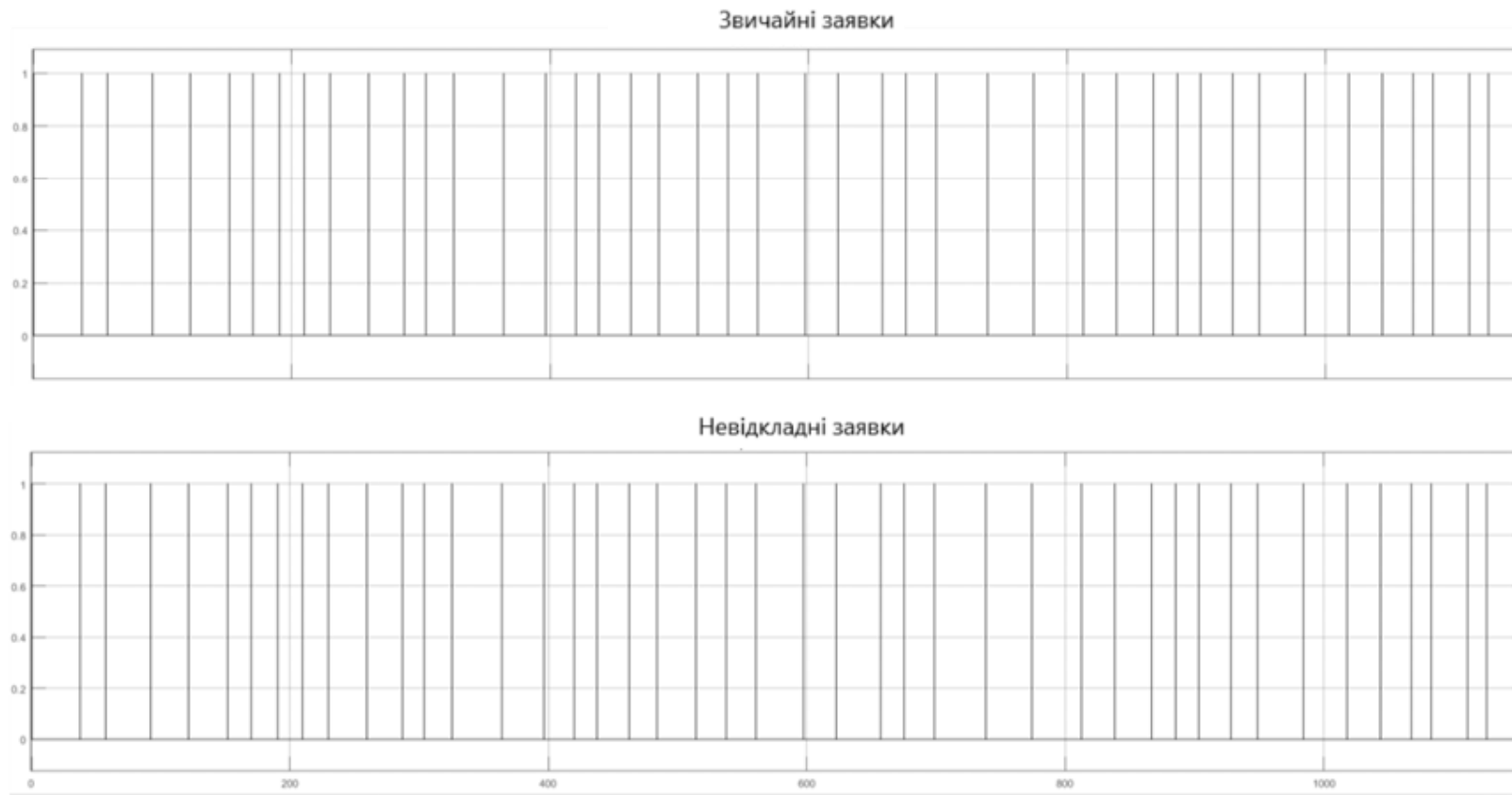


Рис. 3.19 Залежність довжини черги від часу

Графік представлений малюнку 3.19 повторюється у разі коли інтервал генерації заявок $[15;40]$ і $[7.5; 20]$. За графіком видно, що заявки не затримуються в черзі і, отже, черга не накопичується завдяки роботі двох серверів.

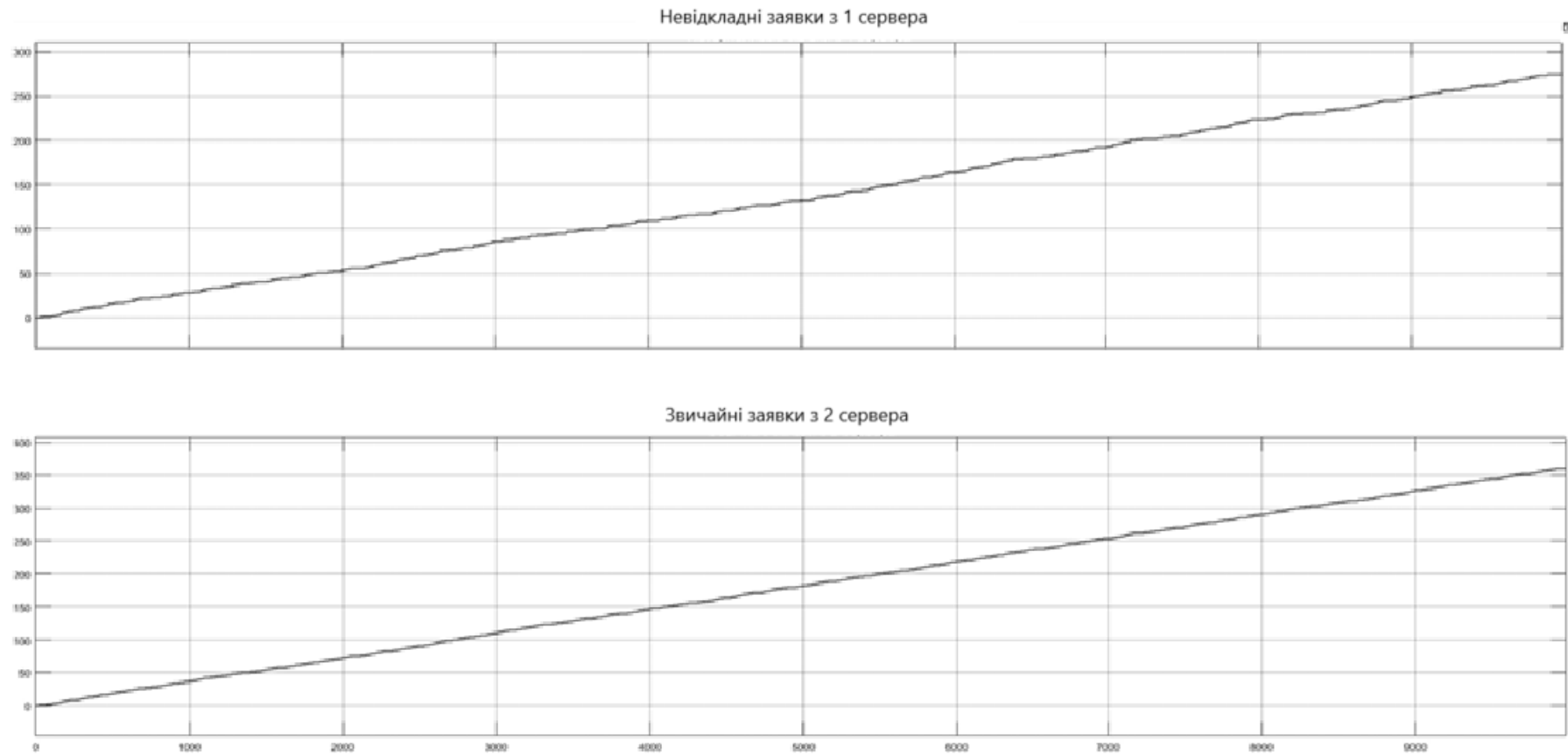
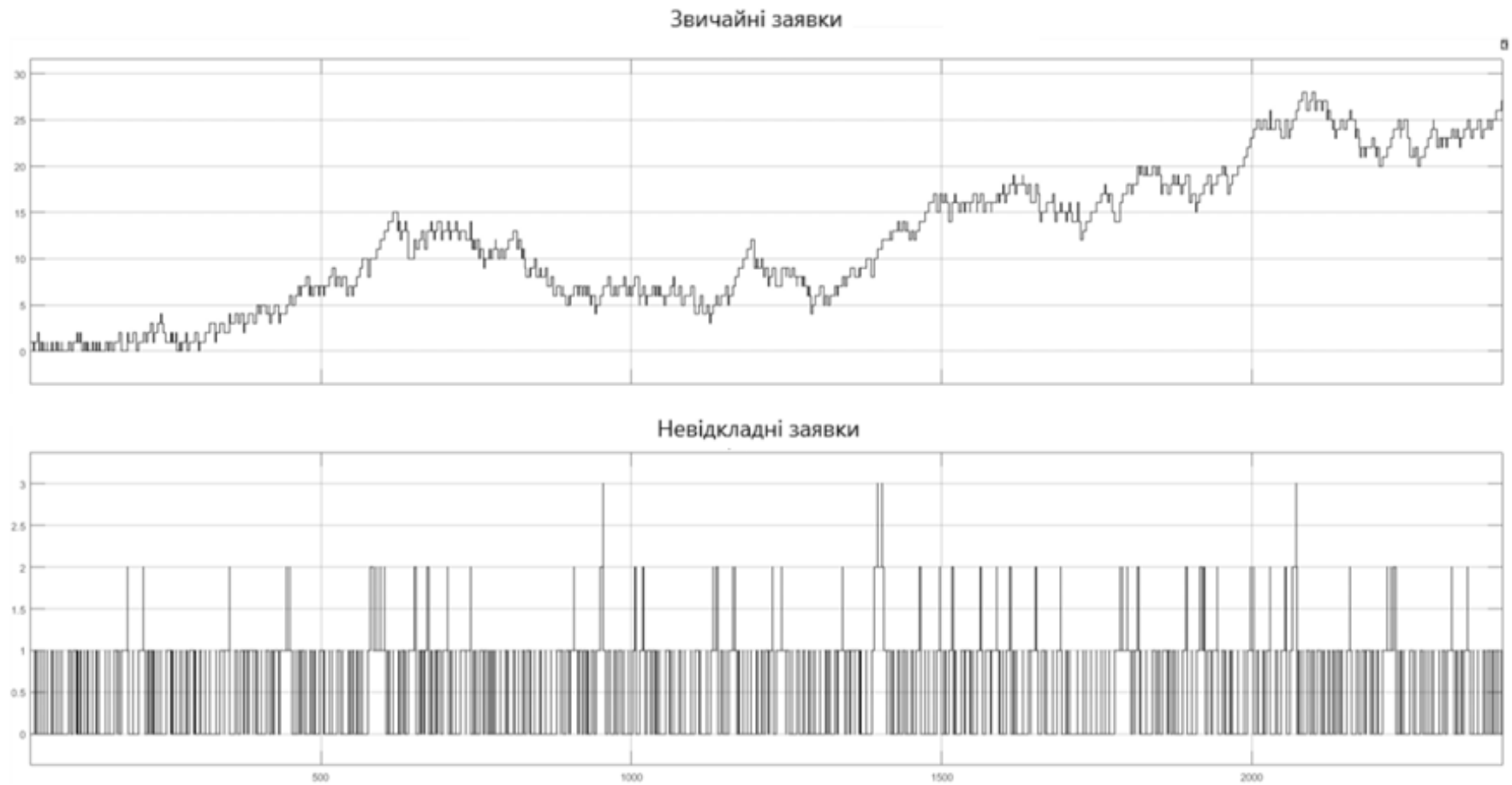


Рис. 3.20 Залежність кількості обслужених заявок від часу

На рис. 3.20 показано невідкладні заявки з першого сервера та звичайні з другого у разі недовантаженої та завантаженої системи. Видно, що кількість оброблених заявок зростає за часом.

Оскільки на перший сервер не потрапляють звичайні заявки, а другий не обробляє невідкладних їх графіки залишаються незмінними у часі.

Розглянемо випадок, коли система є перевантаженою.



З графіка видно що довжина черги невідкладних заявок не перевищує 3. А довжина черги звичайних заявок зростає за часом. Це пов'язано з тим, що прилади насамперед обслуговують невідкладні заявки, потім звичайні.

Для візуальної оцінки роботи обслуговуючих приладів представлено рис. 3.22.

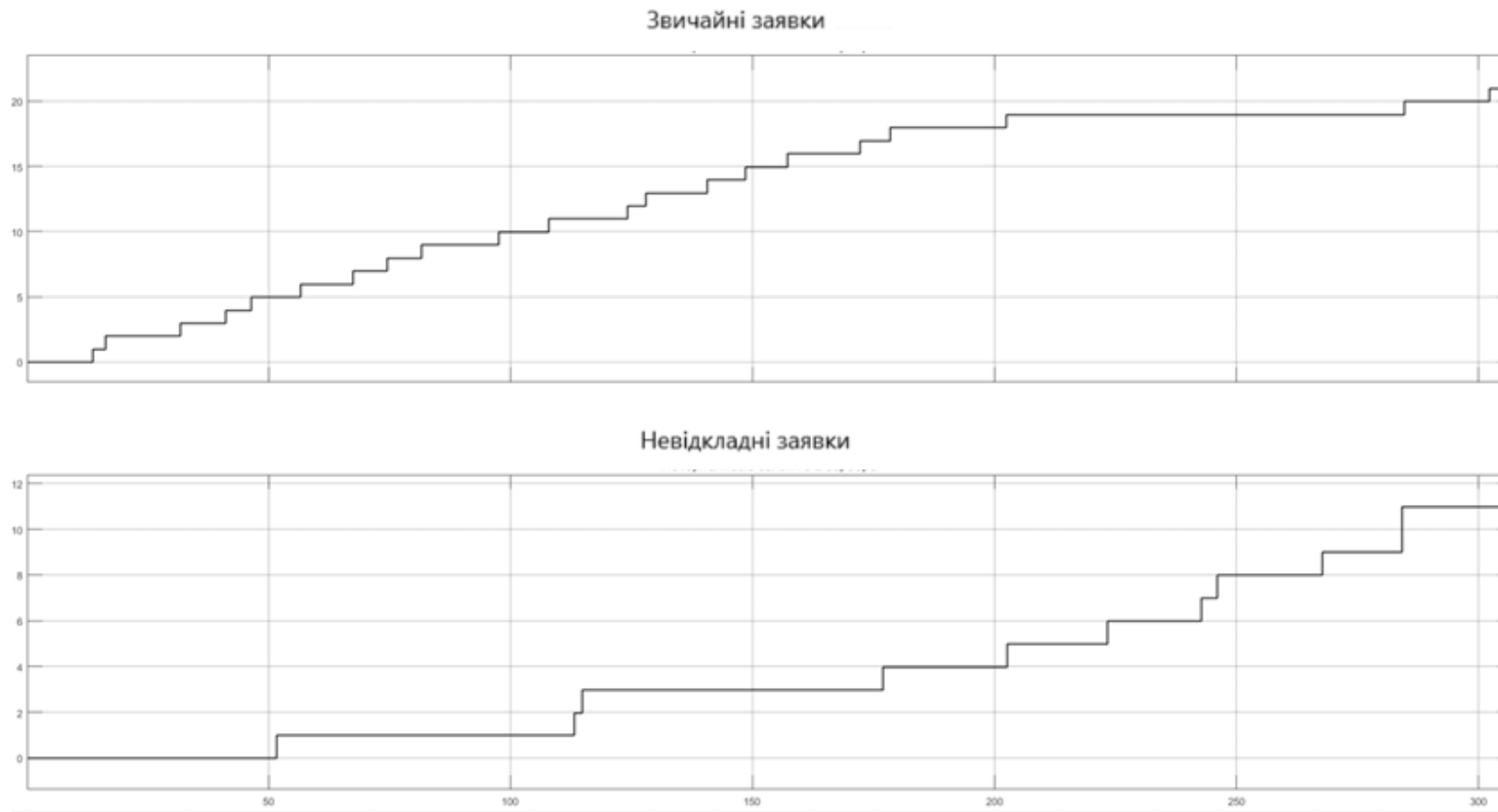


Рис. 2.22 Зміна кількості невідкладних заявок, що обслуговуються

З графіків видно, що другий прилад починає обслуговування в 55 момент часу. Це означає, що в цей момент кількість звичайних заявок у черзі стає більше 10.

Кількість невідкладних заявок, що вийшли з системи, наведено в таблиці 3.10.

Таблиця 3.10

Кількість заявок, що залишили систему

№	З черги	З №1 ОП	З №2 ОП	Всього
1	0	87	0	87
2	0	158	0	158
3	128	187	176	491

З табл. 3.10 видно, що у перших двох експериментах заявки залишають систему тільки з 1 обслуговуючого приладу. Це обґрунтовується тим що заявки не затримуються в черзі, а потрапляють на обробку в сервер, і там закінчується їх час перебування в системі. Однак якщо система перевантажена заявки залишають систему і з черги, і з приладу.

При підключенні другого приладу система опрацювала 88% звичайних заявок та 66% невідкладних заявок. Це означає, що використання додаткового сервера позитивно впливає якість обслуговування збільшуючи загальну продуктивність до 77 %. Насправді трапляються випадки коли використання додаткового сервера є вкрай необхідним, наприклад:

- у сфері комерційного обслуговування – клієнти йдуть, не дочекавшись обслуговування, відповідно фірма втрачає можливий дохід;
- у медицині – хворі, що не дочекалися, вмирають або потребують спеціального обслуговування, більш тривалого і дорогого;
- в управлінні – старіє інформація тощо.

У зв'язку з цим можна модифікувати модель під поставлені завдання.

Висновки по розділу

У третьому розділі роботи було створено Simulink-модель СМО, проведено моделювання СМО та комп'ютерні експерименти під час яких було отримано характеристики системи та проведено аналіз їх результатів. можливості бібліотеки.

ВИСНОВОК

У наші дні імітаційне моделювання отримує застосування у різних галузях людської діяльності: у будівництві, економіки промисловості, на транспорті, екології, у сферах інформаційної безпеки та послуг, а також у сферах суспільних, державних та військових відносин. Така популярність цього методу пояснюється можливістю знизити тимчасові та матеріальні витрати. Використання імітаційного моделювання за допомогою ЕОМ дозволяє збільшити швидкість отримання оптимальних параметрів системи, проведення необхідних дослідів та модифікацій.

У цій роботі проводилися дослідження в галузі застосування СМО з невідкладними заявками. Розроблено модель СМО, проведено різноманітні експерименти, отримані необхідні чисельні показники, виконано аналіз отриманих даних, моделювання систем, можливості бібліотеки Simulink. Реалізовано можливість підключення додаткового обслуговуючого приладу, отримано характеристики та параметри системи.

Також створено блок розрахунків, отримані різні характеристики системи: частка оброблених заявок, зміна довжини черги.

Вивчено вплив налаштувань системи на характеристики системи, загальна кількість заявок. Таким чином, обґрунтовано, що використання додаткового сервера дозволяє поліпшити показники роботи моделі.

ПЕРЕЛІК ПОСЛАНЬ