

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Запорізький національний технічний університет

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
до лабораторних робіт  
з дисципліни  
**“Моделювання систем”**  
для студентів  
спеціальності 122  
“Комп’ютерні науки”  
денної форми навчання

2020

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни “Моделювання систем” для студентів спеціальності 122 “Комп’ютерні науки” денної форми навчання /Укл.: С.М. Сердюк, Ж.К. Камінська. – Запоріжжя: НУ “Запорізька політехніка”, 2020. – 26с.

Укладачі: С. М. Сердюк, канд. техн. наук  
Ж.К. Камінська, асистент

Рецензент: С.К. Корнієнко, доцент, к.т.н.

Відповідальний  
за випуск: В.І. Дубровін, професор, к.т.н.

Затверджено  
на засіданні кафедри  
“Програмних засобів”

Протокол № \_\_\_\_\_  
Від \_\_\_\_\_ 2020

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>	<b>5</b>
<b>1 Лабораторна робота № 1 Методи створення моделей з використанням системи імітаційного моделювання SIMC.6</b>	<b>6</b>
1.1 Мета роботи.....	6
1.2 Завдання на лабораторну роботу.....	6
1.3 Опис методики .....	7
1.4 Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи .....	<b>Помилка! Закладку не визначено.</b>
1.5 Зміст звіту .....	8
1.6 Контрольні запитання.....	8
<b>2 Лабораторна робота № 2 Моделювання систем масового обслуговування з одним обслуговуючим приладом та чергою .....</b>	<b>8</b>
2.1 Мета роботи.....	8
2.2 Завдання на лабораторну роботу .....	8
2.3 Опис методики .....	11
2.4 Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи... ..	11
2.5 Зміст звіту .....	11
2.6 Контрольні запитання.....	11
<b>3 Лабораторна робота № 3 Моделювання системи масового обслуговування із зворотнім зв'язком. Моделювання багатоканальної системи масового обслуговування .....</b>	<b>12</b>
3.1 Мета роботи.....	12
3.2 Завдання на лабораторну роботу .....	12
3.3 Опис методики .....	14
3.4 Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи..	15
3.5 Зміст звіту .....	15
3.6 Контрольні запитання.....	15
<b>4 Лабораторна робота № 4 Використання розподілу імовірності в системі імітаційного моделювання SIMC. Генератори випадкових чисел .....</b>	<b>15</b>
4.1 Мета роботи.....	15
4.2 Завдання на лабораторну роботу .....	16
4.3 Опис методики .....	18
4.4 Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи..	19

4.5	Зміст звіту .....	19
4.6	Контрольні запитання.....	20
<b>5</b>	<b>Лабораторна робота № 5 Моделювання довільних дисциплін обслуговування з використанням ланцюгів користувача. Вивчення принципів побудови гістограм ....</b>	<b>20</b>
5.1	Мета роботи.....	20
5.2	Завдання на лабораторну роботу .....	20
5.3	Опис методики .....	21
5.4	Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи..	22
5.5	Зміст звіту .....	22
5.6	Контрольні запитання.....	22
<b>6</b>	<b>Лабораторна робота № 6 Моделювання складних систем масового обслуговування з використанням системи імітаційного моделювання SIMC.....</b>	<b>24</b>
6.1	Мета роботи.....	24
6.2	Завдання на лабораторну роботу .....	24
6.3	Опис методики .....	25
6.4	Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи..	25
6.5	Зміст звіту .....	26
6.6	Контрольні запитання.....	26
	<b>ЛІТЕРАТУРА.....</b>	<b>26</b>

## ВСТУП

Головна мета лабораторних робіт – вивчити методи системного аналізу та засобів моделювання складних комп'ютерних систем, принципів організації, складу, режимів функціонування та методи побудови моделей систем за допомогою систем імітаційного моделювання (СІМ) на мові С (SІМC); придбати навички та досвід по розробці імітаційних моделей складних систем на SІMС.

Для отримання заліку з роботи кожний студент показує викладачу звіт, оформлений у відповідності з вимогами, які перераховані в методичних вказівках з роботи та проходить співбесіду з викладачем.

Студент, який не здав попередньої роботи, не може бути допущеним до виконання наступної.

# **1 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1 МЕТОДИ СТВОРЕННЯ МОДЕЛЕЙ З ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ SIMC**

## **1.1 Мета роботи**

Метою роботи є ознайомлення з принципами побудови імітаційних моделей систем масового обслуговування (СМО) з використанням системи імітаційного моделювання SIMC, вивчення системних констант, типів та змінних, групи процедур утворення системного та модельного середовищ та динамічних моделей SIMC.

## **1.2 Завдання на лабораторну роботу**

1.2.1 Вивчити методи моделювання СМО на рівні процесів (без використання CIM).

1.2.2 Вивчити головні концепції створення моделей з використанням SIMC.

1.2.3 Вивчити основні системні константи, типи та змінні CIM SIMC.

1.2.4 Вивчити процедури створення модельного середовища і динамічних елементів (транзактів) моделей SIMC.

1.2.5 Побудувати модель (у вигляді програми на SIMC) наступного процесу, який відбувається в СМО.

**Постановка задачі:** В СМО надходять заявки з інтервалом часу прибуття  $N$  ( $N$ - номер студента за журналом). Заявки обслуговуються на протязі першого інтервалу часу  $N*2$  та виводяться з системи на протязі часу  $T=N*10$ .

2.6 Побудувати модель (у вигляді програми на SIMC) наступного процесу, який відбувається в СМО.

**Постановка задачі:** В системі обслуговуються заявки двох видів. Заявки першого виду надходять в систему з моменту початку її роботи через кожні  $N$ -одиниць часу та обслуговуються на протязі часу  $2*N$ . Через дві одиниці часу з моменту початку роботи в систему кожні  $1,5*N$  одиниць часу надходять заявки іншого виду. Час їх

обслуговування  $3 \cdot N$ . Промоделювати роботу системи на протязі часу  $T = N \cdot 10$ . Виконати покрокове трасування в моделі.

### **1.3 Опис методики**

Необхідно розробити методи побудови моделей і моделі з використанням CIM SIMC. Моделі представляють собою процедури на мові C та оформлюються за відповідним зразком.

1.3.1 Методи побудови моделей містяться в описі та поясненні, яким чином поставлену задачу можна інтерпретувати в термінах SIMC.

1.3.2 Програма Lab1a (реалізація п.1.2.5). Алгоритм програми складається з наступних дій:

1.3.2.1 Шляхом використання спеціальних процедур SIMC створюється системне та модельне середовище.

1.3.2.2 Задається обмеження числа повторення по відповідному критерію.

1.3.2.3 Процес моделювання забезпечується шляхом використання процедури вибору чергової дії.

1.3.3 Програма Lab1b (реалізація п.1.2.6).

1.3.3.1 Виконати дії, вказані в п.п. 1.3.2.1-1.3.2.3.

1.3.3.2 Використати сегментний спосіб реалізації моделі.

### **1.4 Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи**

1.4.1 Для виконання п.п.1.2.1 та 1.2.2 необхідно ознайомитися з конспектом лекцій та практичних занять, вивчити основні поняття теорії масового обслуговування і методи моделювання з використанням CIM SIMC.

1.4.2 Для виконання п.п.1.2.3 необхідно вивчити опис необхідних процедур SIMC по конспекту лекцій.

1.4.3 Програми по п.п.1.2.5 та 1.2.6 розроблюються відповідно з логікою чергування появи дій. Для моделювання паралельних процесів, необхідно використовувати сегментний принцип побудови моделей.

## **1.5 Зміст звіту**

1.5.1 Мета роботи.

1.5.2 Опис в CIM SIMC множинного типу даного «ТРАНЗАКТ».

1.5.3 Лістинг програми по п.п. 1.2.5, 1.2.6.

## **1.6 Контрольні запитання**

1.6.1 Основні поняття про СМО.

1.6.2 Основні концепції створення моделей СМО на процедурному рівні: основні та допоміжні дії; модельний час; завершення моделювання; одночасна дія.

1.6.3 Основні системні константи, типи та змінні CIM SIMC.

1.6.4 Процедура створення системного та модельного середовища CIM SIMC.

1.6.5 Процедура створення та знищення транзактів CIM SIMC.

1.6.6 Логіка роботи процедури Plan.

# **2 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2 МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ З ОДНИМ ОБСЛУГОВУЮЧИМ ПРИЛАДОМ ТА ЧЕРГОЮ**

## **2.1 Мета роботи**

Метою роботи є вивчення методів моделювання різних дисциплін обслуговування в СМО з одним приладом та чергою, аналіз вихідних даних моделювання з метою вибору оптимального варіанту реалізації системи яка моделюється.

## **2.2 Завдання на лабораторну роботу**

2.2.1 Вивчити методи організації різних дисциплін обслуговування в СМО.

2.2.2 Вивчити групу процедур CIM SIMC, необхідних для



моделювання черги, обслуговуючого приладу, виведення на друк, статистики зібраної в результаті моделювання.

2.2.3 Побудувати імітаційну модель наступної СМО (у вигляді програми на SIMC). Виконати покрокове трасування в моделі.

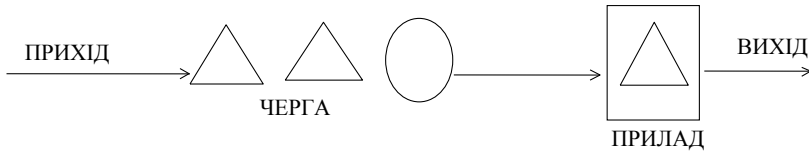
**Постановка задачі:** На фабриці на складі працює один комірник. Він видає запчастини механікам, які обслуговують станки і встановлюють ці частини на зіпсованих станках (запасні частини відносно дорогоцінні, і крім цього, їх асортимент дуже великий для того, щоб кожний механік мав запасну частину для кожного виду у своєму ящику). Час необхідний для задоволення потреби, залежить від типу запчастини. Потреби бувають двох категорій. Відповідні дані представлені в табл. 2.1. Комірник обслуговує механіків по принципу “першим прийшов – першим обслуговується” незалежно від категорії потреби. Така дисципліна обслуговування черги зображена на рис. 2.1. Оскільки поламаний станок нічого не виробляє, то простій механіка в черзі приносить збиток 0,25 грошових одиниць за секунду (9 грошових одиниць в годину). Ця вартість не залежить від того, за якою запасною частиною пішов механік. Керівник вважає, що середнє число механіків можна зменшити якщо потреби категорії 2 на складі будуть задовольнятися скоріше, ніж потреби категорії 1.

Якщо прилад, який обслуговується вибирає потребу з найменшим середнім часом обслуговування, то говорять, що має місце дисципліна обслуговування “найближча операція – найкоротша”. Тільки у тому разі, коли в черзі не має жодної потреби категорії 1. Ця дисципліна обслуговування зображена на рис. 2.2.

**Таблиця 2.1 – Інтервали часу приходу та часу обслуговування потреб механіків**

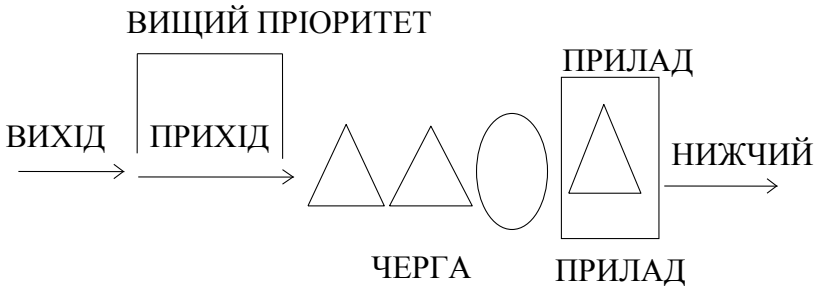
Категорії запиту	Інтервали часу приходу, с	Час обслуговування, с
1	510	300
2	420	100

На рис. 2.1 кола та трикутники зображують механіків, які роблять потреби категорії 1 та 2 відповідно. Потреба категорії 2 обслуговується, а одна потреба категорії 1 і дві потреби категорії 2 чекають своєї черги у вказаному порядку.



**Рисунок 2.1 – Модель обслуговування (варіант 1)**

На рис. 2.2 черга складається з двох сегментів. Сегмент, розташований на початку черги, є високопріоритетним, а той що знаходиться в кінці черги – низкопріоритетним. Дисципліни обслуговування на рис. 2.2 називається «першим прийшов – першим обслужився всередині пріоритетного класу». Комірник працює над задоволенням потреб категорії 2 (трикутник). Дві інші потреби категорії 2 чекають черги; крім того, в черзі знаходиться одна потреба категорії 1 (коло). Тільки тоді, коли високопріоритетний сегмент черги порожній, обслуговуються потреби низкопріоритетного сегменту.



**Рисунок 2.2 – Модель обслуговування (варіант 2)**

Необхідно створити модель роботи складу для обох дисциплін обслуговування черги та виконати моделювання для кожної із них на протязі восьми годинного робочого дня. Чи зменшиться середнє число механіків, які чекають в черзі? Скільки коштів кожного дня буде заощаджено при використанні пріоритетного обслуговування? У вартість втрат не потрібно включати простою механіків під час обслуговування.

## 2.3 Опис методики

Необхідно розробити моделі у вигляді програм:

### 2.3.1 Програма Lab2a.

Програма являє собою модель заданої СМО без пріоритетної системи обслуговування.

### 2.3.2 Програма Lab2b.

Програма являє собою модель заданої СМО з пріоритетною системою обслуговування.

**Примітка.** В програмах Lab2a та Lab2b необхідно потреби категорії 1 моделювати одним сегментом, а потреби категорії 2 - другим.

## 2.4 Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи

2.4.1 Для виконання п.п. 2.2.1, 2.2.2 необхідно ознайомитися з конспектом лекцій та практичних занять.

2.4.2 Програми Lab2a та Lab2b повинні розроблюватися з урахуванням створення системного та модельного середовища, вивчених на практичних заняттях.

## 2.5 Зміст звіту

2.5.1 Мета роботи.

2.5.2 Опис в СІМ SIMC множинних типів даних "ПРИЛАД", "ЧЕРГА".

2.5.3 Лістинг програми по п.п. 2.2.3.

2.5.4 Порівняння двох моделей та вибір оптимального варіанту дисципліни обслуговування в системі яка моделюється. Вихідні дані моделювання, які підтверджують зроблений вибір.

## 2.6 Контрольні запитання

2.6.1 Основні дисципліни обслуговування в СМО.

2.6.2 Множинні типи даних "ПРИЛАД" та "ЧЕРГА" СІМ

2.6.3 Процедури створення, знищення, реєстрації черги.

2.6.4 Вихідні дані моделювання які виводяться процедурою PrintAll.

### **3 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3**

#### **МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ІЗ ЗВОРОТНІМ ЗВ'ЯЗКОМ. МОДЕЛЮВАННЯ БАГАТОКАНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ**

##### **3.1 Мета роботи**

Метою роботи є вивчення методів моделювання СМО із зворотнім зв'язком (ЗЗ) та багатоканальних СМО на основі використання CIM SIMC.

##### **3.2 Завдання на лабораторну роботу**

3.2.1 Вивчити принципи ЗЗ в СМО та методи моделювання ЗЗ в CIM SIMC.

3.2.2 Вивчити групу процедур CIM в SIMC, необхідних для моделювання багатоканальних приладів і блокування транзактів.

3.2.3 Побудувати імітаційну модель наступної СМО (у вигляді програми на SIMC).

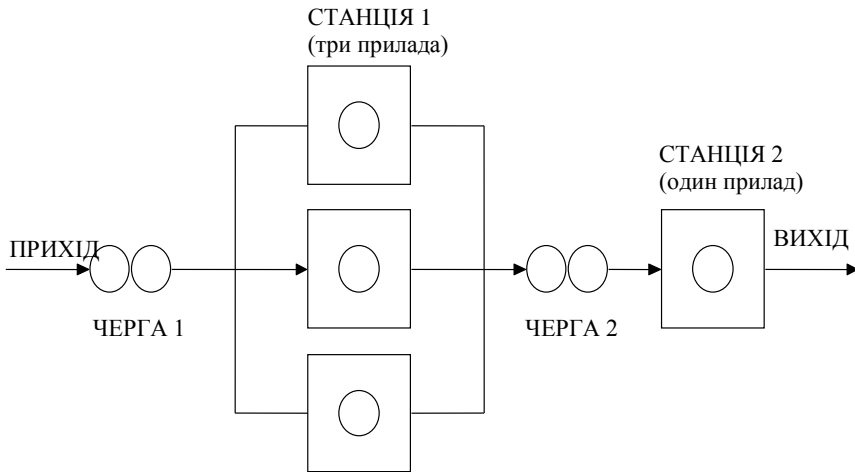
**Постановка задачі:** Виробництво деталей певного виду включає довгий процес складання, який закінчується коротким періодом обпалювання в печі. Оскільки використання печі обходиться досить дорого, декілька складачів використовують одну піч, в якій можна обпалювати одночасно тільки одну деталь. Складач не може почати нову зборку до тих пір, доки не доставить з печі попередню деталь. Час, який потрібний на різні операції і вартість операцій і виробів представлені в табл. 3.1.

Необхідно побудувати модель вказаного процесу. Маючи цю модель, необхідно виявити оптимальне число складачів, що використовують одну піч. Під оптимальним розуміють таке число, яке дає найбільший дохід. Визначення потрібно робити при моделюванні на протязі 40 годин модельного часу. Припустимо, що на протязі робочого дня немає перерв, а робочі дні йдуть підряд без вихідних днів.

3.2.4 Побудувати імітаційну модель СМО (у вигляді програми на SIMC), даної на рис 3.1.

**Таблиця 3.1 – Вартість операцій і виробів**

Операція	Необхідний час, хв	Елемент	Ціна
Збирання	30	Заробітна плата комірника	50 грош. од. за год.
Обпалювання	8	Ціна печі	200 грош. од. за 8 годинний робочий день (незалежно від ступеню використання)
		Ціна матеріалу	2 грош. од. за одну деталь
		Вартість готового виробу	7 грош. од. за одну деталь

**Рисунок 3.1 – Станція обслуговування**

**Постановка задачі:** На станцію обслуговування вимоги надходять кожні 115 секунд, час обслуговування на станції 1 та 2 дорівнює 335 та 110 секунд відповідно. Модель повинна бути розроблена так, щоб збиралась інформація про стан черги перед

станціями 1 та 2. Припустимо, що в відповідності з деякими обмеженнями число елементів черги перед станцією 2 не може бути більше одного. Прилади станції 1 не можуть починати обслуговування до тих пір, поки попередній елемент не ввійде в чергу 2.

Використовуйте модель для визначення середньої та максимальної довжини черги 1.

3.2.5 Побудувати імітаційну модель СМО (у вигляді програми на SIMC).

**Постановка задачі:** В СМО з двома обслуговуючими приладами надходять заявки двох видів. Заявки 1-го виду надходять кожну секунду і обслуговуються приладом 1. Заявки 2-го виду надходять кожні 4 секунди і обслуговуються приладом 2. Час обслуговування заявок 1-го виду – 1 секунда, 2-го виду – 5 секунд.

Розробити модель, яка описує роботу даної системи на протязі 300 секунд, при умові, що у відповідності з деякими обмеженнями заявки 1-го виду можуть бути обслуговані тільки на випадок надходження заявок 2-го виду на обслуговуючий прилад 2.

### 3.3 Опис методики

Необхідно розробити методи побудови моделей з використанням SIM SIMC:

3.3.1 Методи (див. п.2.3.1 лабораторної роботи 2)

3.3.2 Програма Lab3a (реалізація п.3.2.3).

Алгоритм програми складається з наступних дій:

3.3.2.1 Складання наступної деталі.

3.3.2.2 Чекання можливості використання печі за принципом “перший прийшов – першим обслужився”.

3.3.2.3 Використання печі.

3.3.2.4 Повернення до п.3.3.2.1.

**Примітка.** Звичайно, для моделювання печі використовується поняття “прилад”, а складачів ототожнювати з транзактами. Тоді можна вважати, що складачі циркулюють в системі.

3.3.3 Програма Lab3b (реалізація п.3.2.4) та програма Lab3c (реалізація п.3.2.5).

Алгоритми програм визначені чергуванням появи подій в системах, які моделюються.

### **3.4 Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи**

3.4.1 Для виконання п.п. 3.2.1, 3.2.2 необхідно ознайомитися з конспектом лекцій та практичних занять.

3.4.2 При виконанні п.3.2.3, моделювання необхідно проводити для числа складачів, яке дорівнює 4,5 та 6.

3.4.3 При розробці програми Lab3b для моделювання черги 2 необхідно використовувати прилад з одним каналом.

3.4.4 При розробці програми Lab3c для моделювання обмеження обслуговування заявок 1 виду необхідно скористатися процедурою блокування руху транзактів.

### **3.5 Зміст звіту**

3.5.1 Мета роботи.

3.5.2 Текст програми Lab3a. Звіт про оптимальну кількість складачів, що використовують одну піч та розрахунки, які це підтверджують.

3.5.3 Тексти програм Lab3c та Lab3b.

### **3.6 Контрольні запитання**

3.6.1 Принцип ЗЗ в СМО. Моделювання ЗЗ в СІМ SIMC.

3.6.2 Багатоканальні прилади. Множинні типи даних "НАКОПИЧУВАЧ" (багатоканальний прилад).

3.6.3 Процедури створення – знищення накопичувача.

3.6.4 Блокування транзактів.

## **4 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4 ВИКОРИСТАННЯ РОЗПОДІЛУ ІМОВІРНОСТІ В СИСТЕМІ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ SIMC. ГЕНЕРАТОРИ ВИПАДКОВИХ ЧИСЕЛ**

### **4.1 Мета роботи**

Метою роботи є вивчення методів описання рівномірного та нерівномірного розподілу безперервних та дискретних випадкових

величин в CIM SIMC та способів їх практичного використання при моделюванні систем масового обслуговування.

## **4.2 Завдання на лабораторну роботу**

4.2.1 Вивчити методи описання рівномірного та нерівномірного розподілу безперервних та дискретних випадкових величин.

4.2.2 Вивчити групу функцій CIM SIMC, які реалізують генерацію випадкових чисел.

4.2.3 Вивчити групу процедур CIM SIMC, необхідних для роботи з ансамблями транзактів.

4.2.4 Розробити модель наступної СМО з використанням CIM SIMC.

**Постановка задачі:** В п.3.2.3 лабораторної роботи № 3 розглядали систему, в якій збираються деталі. Складачі циклічно повторювали наступні операції:

1. Збирання чергової деталі.
2. Очікування можливості зайняти піч при дисципліні вибирання з черги “перший прийшов – першим обслуговується”.
3. Використання печі для обпалювання деталі.
4. Повернення в п.1.

Припустимо тепер, що замість рівномірного розподілу, час збирання та час використання печі розподілені відповідно зі значеннями табл. 4.1. Ці розподілення є симетричними з центральними 30 та 80 відповідно. В результаті середнє значення часу збирання та використання печі збігаються з середніми значеннями прикладу моделювання, розглянутого в п. 3.2.3 лабораторної роботи №3.

Необхідно таким чином змінити модель цього прикладу, щоб можна було врахувати нові розподіли часу збирання та використання печі. Потім необхідно провести моделювання на інтервалі 40-годинного робочого тижня, при цьому вважаючи, що на протязі робочого дня немає перерв, а робочі дні йдуть підряд без вихідних днів. Зробіть все це для випадків роботи чотирьох, п'яти та шести складачів, де при цьому на інтервалі моделювання користь буде максимальна.



**Таблиця 4.1 – Сумарні імовірності для часу складання та використання печі**

Час збирання			Час використання печі		
Час складання хвилин	Відносна частота	Сумарна частота	Час використ. печі, хвил.	Відносна частота	Сумарна частота
25	0,01	0,01	6	0,05	0,05
26	0,03	0,04	7	0,25	0,30
27	0,05	0,09	8	0,40	0,70
28	0,10	0,19	9	0,25	0,95
29	0,18	0,37	10	0,05	1,00
30	0,26	0,63			
31	0,18	0,81			
32	0,10	0,91			
33	0,05	0,96			
34	0,03	0,99			
35	0,01	1,00			

4.2.5 Побудувати модель (у вигляді програми на SIMC) наступної СМО.

**Постановка задачі:** В відділ пакування цеху надходять готові вироби. На дії упакування зайнятий один робочий, який пакує вироби та складає їх в спеціальні контейнери по 12 штук. Промоделювати дію упакування на протязі 1 години, якщо довгота упакування одного виробу (з установленням в контейнер) складає  $16 \pm 3$  с. Визначити число контейнерів, готових до відправлення.

4.2.6 Розробити модель наступної СМО з використанням CIM SIMC.

**Постановка задачі:** Невеликий продовольчий магазин складається з трьох прилавків та одної каси при виході з магазину. Покупці приходять в магазин, вхідний потік має експоненціальний характер, причому середнє значення інтервалу приходу складає 75с. Ввійшовши в магазин, кожний покупець бере корзинку та має можливість обійти один або декілька прилавків, вибираючи продукти. Імовірність обходу конкретного прилавку зображено в табл.4.2.

**Таблиця 4.2 – Характеристика покупок біля прилавків для моделі продовольчого магазину**

Прилавок	Імовірність виконання покупок	Час обходу прилавку, с	Число покупок, зроблених біля прилавку, шт
1	0,75	120±60	3±1
2	0,55	150±30	4±1
3	0,82	120±45	5±1

Після того, як товар вибрано, покупець стає в кінець черги до каси. Вже стоячи в черзі, покупець може захотіти зробити ще  $2 \pm 1$  покупки. Час обслуговування покупця у касі пропорційний числу зроблених покупок, одна покупка займає 3с перевірки. Після оплати продуктів покупець залишає корзину і виходить.

Побудуйте модель, яка описує процес покупок в продовольчому магазині. Проведіть моделювання восьмигодинного робочого дня і виявіть навантаження касира та максимальну довжину черги коло каси. Вважаючи, що корзин необмежена кількість, визначте максимальну кількість корзин, що знаходяться у покупців одночасно.

### **4.3 Опис методики**

Необхідно розробити модель у вигляді програм.

4.3.1 Програма Lab4a (реалізація п. 4.2.4). Логіка моделювання, прийнята в моделі СМО п.3.2.3 лабораторної роботи № 3 (програма Lab3a) залишається в силі. Зміни, які необхідно внести в модель, полягають у визначенні процедур для описання розподілу таблиці 4.1.

4.3.2 Програма Lab4b (реалізація п. 4.2.5). Алгоритм програми ясний. Для забезпечення необмеженого джерела готових виробів, які надходять до контролера, необхідно використовувати процедуру розщеплення транзактів Split.

4.3.3 Програма Lab4c (реалізація п. 4.2.6). Збільшений алгоритм програми складається із наступних дій:

4.3.3.1 При вході транзакта – покупця він зразу ж повинен потрапити в багатоканальний прилад, моделюючи тим самим процедуру взяття корзини.

4.3.3.2 Підхід до кожного прилавку моделюється з використанням процедур умовної передачі та розиграння випадкових чисел у відповідності з заданим рівномірним розподілом.

4.3.3.3 Після обходу всіх прилавків транзакт – покупець приєднується до загальної черги перед касою.

4.3.3.4 Реєстрація додаткового числа покупок, зроблених покупцем, який стоїть у черзі до каси.

4.3.3.5 Обслуговування касиром на протязі часу, визначеного за допомогою розрахунку функції, аргументом якої є параметр, який містить значення загального числа зроблених покупок.

#### **4.4 Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи**

4.4.1 Для виконання п.п. 4.2.1 – 4.2.3 необхідно ознайомитися з конспектом лекцій та практичних занять.

4.4.2 При розробці програми Lab4a необхідно вивчити способи задання генераторів випадкових чисел.

4.4.3 При розробці програми Lab4b необхідно звернути увагу на правильне виконання процедури збирання членів ансамблю Assemble.

4.4.4 При розробці програми Lab3b необхідно:

- для розиграння випадкових чисел у відповідності з рівномірним розподілом скористатися функцією генератора випадкових чисел, рівномірно розташованих на інтервалі  $0...1$ ;

- для реєстрації числа покупок використовувати параметри транзакту.

#### **4.5 Зміст звіту**

4.5.1 Мета роботи.

4.5.2 Текст програми Lab4a, Lab4b та Lab4c.

4.5.3 Необхідні висновки за результатами моделювання.

## **4.6 Контрольні запитання**

- 4.6.1 Рівномірний та нерівномірний розподіл.
- 4.6.2 Генерація випадкових величин.
- 4.6.3 Процедури роботи з ансамблями в CIM SIMC.
- 4.6.4 Реалізація безперервних та дискретних випадкових величин заданих в CIM SIMC у вигляді таблиці.

## **5 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5 МОДЕЛЮВАННЯ ДОВІЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН ОБСЛУГОВУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ЛАНЦЮГІВ КОРИСТУВАЧА. ВИВЧЕННЯ ПРИНЦИПІВ ПОБУДОВИ ГІСТОГРАМ**

### **5.1 Мета роботи**

Метою роботи є освоєння процедур будування вибором випадкових величин та графічного виводу інформації в системі імітаційного моделювання SIMC.

Вивчити принципи моделювання різних дисциплін, які обслуговуються на основі списків користувача.

### **5.2 Завдання на лабораторну роботу**

5.2.1 Вивчити властивості множини значень випадкової змінної (властивості вибірок).

5.2.2 Вивчити групу процедур CIM SIMC, необхідних для роботи з гістограмами.

5.2.3 Вивчити процедури блокування транзактів Accept, Send.

5.2.4 Побудувати модель (у вигляді програми на SIMC) наступної системи масового обслуговування.

**Постановка задачі:** Потреби в СМО знаходять на обслуговування кожні  $300 \pm 20$  одиниць часу. Кожна потреба розділена на дві частини, причому обслуговування цих частин виробляється паралельно двома робочими. Першому робітнику для обробки першого етапу для частини 1 необхідно  $100 \pm 20$  одиниць

часу. Другому робітнику для виконання першого етапу для частини 2 потрібно  $110 \pm 25$  одиниць часу. Жоден із робітників не має можливості почати виконання другого етапу, доки другий не закінчить першого етапу, оскільки частини 1 та 2 необхідно зрівняти одна з одною на даному етапі обробки для того, щоб встановити, чи виконані потреби точності. Потім, після того, як закінчиться другий етап для кожної частини, перший робітник збирає обидві частини разом, причому це є третім етапом. Необхідно оцінити розподіл інтервалів часу між послідовними приходами готових потреб в кінець моделі та здійснити графічний вивід цієї інформації.

5.2.5 Розробити модель наступної СМО з використанням SIM SIMC.

**Постановка задачі:** На прийом до лікаря в поліклініці кожні  $6 \pm 1$  хвилин надходять пацієнти. Лікар приймає по одному хворому і витрачає на огляд  $7 \pm 2$  хвилин. Необхідно побудувати модель його роботи на протязі трьох годин та визначити кількість пацієнтів, яких він обслужив. Моделювання необхідно провести з врахуванням наступних умов обслуговування. Якщо пацієнт приходить в той час коли лікар не зайнятий оглядом хворого – він приходить на обслуговування. В противному випадку – очікує виходу попереднього пацієнта із кабінету.

### 5.3 Опис методики

Необхідно розробити моделі у вигляді програм:

5.3.1 Програма Lab5a (реалізація п.5.2.4).

Збільшений алгоритм програми складається із наступних дій:

- 5.3.1.1 Розщеплення кожної потреби на дві частини.
- 5.3.1.2 Виконання першого етапу для першої та другої частин.
- 5.3.1.3 Координація для перевірки точності двох частин.
- 5.3.1.4 Виконання другого етапу для першої та другої частин.
- 5.3.1.5 Збирання частин.
- 5.3.1.6 Виконання третього етапу.
- 5.3.1.7 Запис часу між сусідніми надходженнями.

5.3.2 Програма Lab5b (реалізація п.5.2.5). Алгоритм програми ясний. Алгоритм моделювання вільно вибраної дисципліни обслуговування з використанням ланцюга, показаного на рис.5.1.

## **5.4 Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи**

5.4.1 Для виконання п.п. 5.2.1 – 5.2.3 необхідно ознайомитися з конспектом лекцій та практичних занять.

5.4.2 При розробці програми Lab5a необхідно використати наступні процедури CIM SIMC:

- Split та Assemble для виконання п.п. 5.3.1.1, 5.3.1.5 відповідно;
- Асерт та Send для виконанні п.5.3.1.3.

5.4.3 При розробці програми Lab5b, в тому випадку, якщо список користувача упорядковується не за пріоритетом, а за будь-якою іншою ознакою, то перед включенням транзакту в список його полю TestPrty необхідно присвоїти значення False.

## **5.5 Зміст звіту2**

5.5.1 Мета роботи.

5.5.2 Текст програм Lab5a та Lab5b.

5.5.3 Висновки, засновані на результатах моделювання.

## **5.6 Контрольні запитання**

5.6.1 Властивості виборок.

5.6.2 Процедури створення гістограм в CIM SIMC.

5.6.3 Процедури блокування транзактів в CIM SIMC.

5.6.4 Процедури збору статистики в CIM SIMC.

5.6.5 Принципи створення ланцюгів користувача в CIM SIMC.

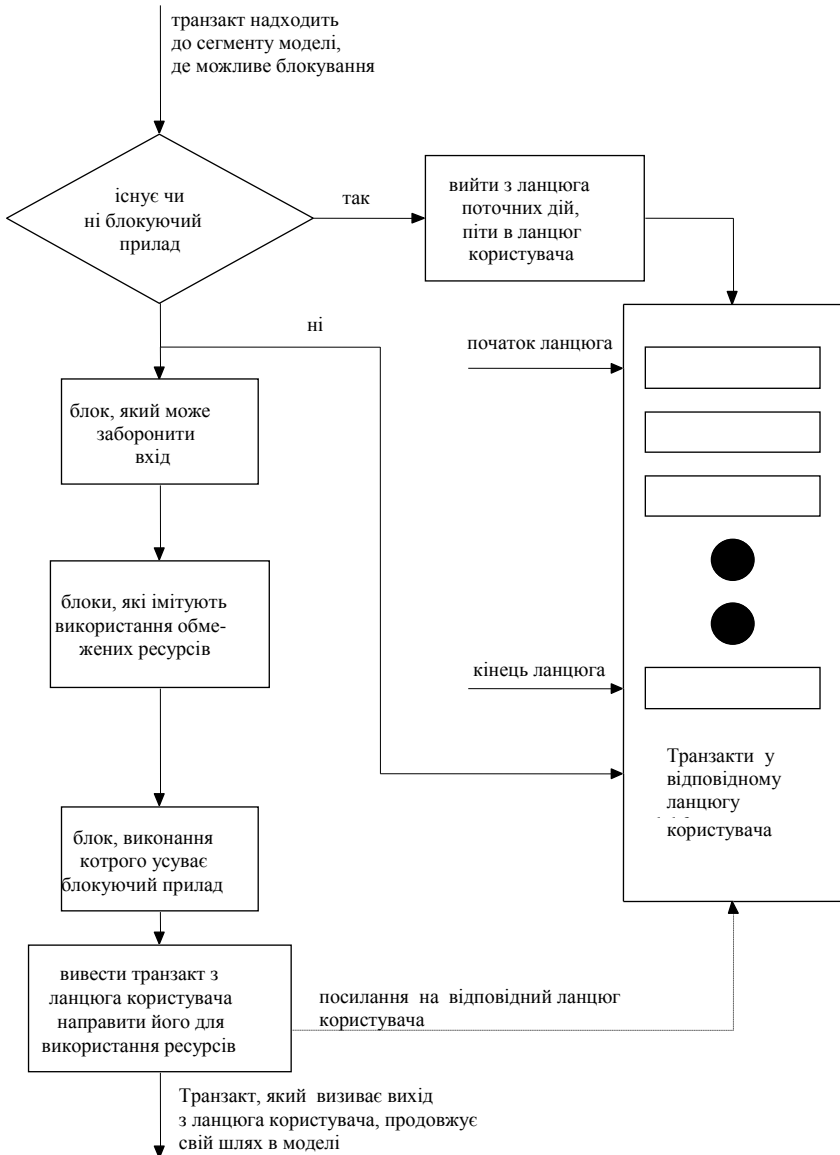


Рисунок 5.1 - Схематичний опис логіки застосування ланцюга користувача

## 6 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

### МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ SIMC

#### 6.1 Мета роботи

Метою роботи є подальший розвиток концепцій моделювання з використанням системи імітаційного моделювання SIMC та надбання різних навичок при розробці моделей.

#### 6.2 Завдання на лабораторну роботу

##### 6.2.1 Розробити модель наступної СМО.

**Постановка задачі:** Порт у Африці використовують для заливання танкерів сировою нафтою для подальшої перевезки. Порт має можливість заливати до трьох танкерів одночасно. Танкери, які прибувають у порт кожні  $11 \pm 7$  годин, можуть бути трьох різних типів. Відносна частота появлення танкерів різних типів і необхідний час їхньої заправки зображені в табл. 6.1.

**Таблиця 6.1 – Характеристики танкерів**

Тип	Відносна частота	Час заправки, годин
1	0,25	$18 \pm 2$
2	0,55	$24 \pm 3$
3	0,2	$36 \pm 4$

У порту є один буксир. Танкери любого типу для того, щоб підійти до стоянки потребують послуг буксира. В цій частині океану часто бувають шторми і в період шторму для танкера неможливий ні підхід до стоянки, ні відхід від неї. Тривалість шторму  $4 \pm 2$  години. Час між закінченням одного шторму та початком наступного підпорядковується експонентному розподілу з середнім значенням, яке дорівнює 48 годин. Якщо буксир вільний та немає шторму, час підходу до стоянки або відходу від неї займає близько 1 години.

Відправник вантажів збирається заключити згоду на перевезення нафти із цього порту у Великобританію. Він визначив, що п'ять танкерів певного типу могли повністю задовольнити вимоги



контракту. Цім танкерам необхідно  $21 \pm 3$  години для заправки танкера нафтою. Після заправки та відходу від стоянки танкери повинні пливати у Великобританію, вивантажити нафту, повернутися в порт для нової заправки і т.п. Час їхнього перебування в дорозі, включаючи вивантаження повинен складати  $240 \pm 24$  години.

Перед тим, як влада порту візьме на себе обов'язки по доставці цих п'яти танкерів необхідно визначити вплив додаткового портового вантажообігу на час перебування їх в порту.

6.2.2 Побудувати модель, яка імітує роботу порту з урахуванням потреб, які з'являються. Забезпечити в моделі можливість визначення часу прибуття додаткових танкерів в порту, а також часу перебування в порту танкерів, які вже там знаходяться. Використати моделювання на протязі 2400 годин роботи порту для оцінювання розподілу цих випадкових змінних.

### **6.3 Опис методики**

Необхідно розробити модель у вигляді програми Lab6. Модель повинна складатися з головного сегменту та двох допоміжних. В головному сегменті моделюється рух різних танкерів через портові прилади обслуговування. В одному із допоміжних сегментів в моделі на початку прогону вводиться п'ять додаткових танкерів які пропонуються, а потім вони переходять в головний сегмент. В другому допоміжному сегменті, який є замкнутим, моделюється можливість шторму. Зв'язок між наявністю або відсутністю в даний момент шторму і головним сегментом здійснюється через логічний перемикач. Далі ці ділянки будуть прокоментовані більш детально.

### **6.4 Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи**

6.4.1 В сегменті, де моделюється шторм повинен циркулювати один транзакт.

6.4.2 В сегменті де виникають додаткові танкери на початку прогону в модель необхідно ввести п'ять танкерів з часом затримання: першого – 0 годин; другого – 48 годин; третього – 96 годин і т.п. Такий інтервал часу затримки вибрано для того, щоб вводити ці п'ять танкерів в головний сегмент моделі з проміжками. Час між входами танкерів, який дорівнює 48 годин був отриманий з врахування того, що час плавання туди й назад для кожного з п'яти танкерів дорівнює

240 годин. Після такої затримки кожний танкер вважають тільки що прибулим в порт (перший раз).

6.4.3 Умови необхідні для приходу та відходу від стоянки, перевіряються в головному сегменті моделі за допомогою булевих змінних. Для того, щоб здійснився підхід до якірної стоянки, необхідно одночасно виконання трьох вимог (стоянка вільна, буксир вільний, немає шторму). Для відходу від стоянки необхідно виконання двох вимог (буксир вільний та немає шторму).

## **6.5 Зміст звіту**

6.5.1 Мета роботи.

6.5.2 Текст програми Lab6 з необхідними висновками по результатам моделювання.

## **6.6 Контрольні запитання**

6.6.1 Створення, використання та обробка списків в СІМ SIMC.

6.6.2 Види та призначення цілей, які використовуються в СІМ SIMC.

6.6.3 Обробка транзактів з абсолютним пріоритетом.

## **ЛІТЕРАТУРА**

1. Стеценко, І.В. Моделювання систем: навч. посіб. / І.В. Стеценко ; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : ЧДТУ, 2010. – 399 с.
2. Литвинов А. Л. Теорія систем масового обслуговування : навч. посібник / А. Л. Литвинов ; Харків. нац. ун-т міського господарства ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 141 с..
3. Томашевський В. М. Моделювання систем. – К.:ВНУ, 2005 – 352с.